

SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GAUSSMETER PORTABEL MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16



**Disusun Oleh :
SURYA WAHYU PUTRA
03.17.037**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S -1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

OKTOBER 2008

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GAUSSMETER PORTABEL
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

**SURYA WAHYU PUTRA
03.17.037**

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Teguh herbasuki, MT.
NIP. Y.1038900209

Dosen Pembimbing II



Sotyo Hadi, ST.
NIP.Y. 1039700309



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.
NIP.Y. 103 950 0274

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Surya Wahyu Putra
NIM : 03.17.037
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Gaussmeter Portabel
Menggunakan Mikrokontroler ATMegal6

Dipertahankan di hadapan majelis penguji Skripsi jenjang Strata satu (S-1) pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 24 September 2008
Dengan Nilai : 82,75 *Bay*



Ketua Majelis Penguji

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y.1018100036

Sekretaris Majelis Penguji



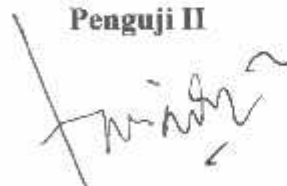
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y.1039500274

Penguji I



Ir.TH.Mimim Mustikawati
NIP.P. 1030000352

Penguji II



Irmalia Suryani Faradisa,ST
NIP.P.1030100365

ABSTRAKSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GAUSSMETER PORTABEL MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16

Surya Wahyu Putra
03.17.037

Jurusan Teknik Elektro S1 – Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
Sotyohadi, SY, Msc

Kata Kunci : medan magnet, Gauss Meter.

Kemajuan teknologi terutama di bidang piranti elektronika, mendorong manusia untuk membuat peralatan elektronika tepat guna yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai sendi kehidupan. Misalnya dalam pembuatan peralatan elektronika, Biasanya dalam perancangan perangkat elektronika untuk menghasilkan *medan magnet* kita harus membuat lilitan tembaga yang dialiri arus listrik untuk menghasilkan efek medan magnet. Salah satu peralatan yang biasanya sering digunakan untuk mengukur medan magnet disebut GaussMeter..

Pada perancangan ini digunakan *hardware* yang meliputi sensor halleffect, IC mikrokontroler ATmega16, LCD. Dan *software* yang terdiri dari *software* pada mikrokontroler dengan menggunakan bahasa Bascom.

Prinsip kerja dari sistem ini adalah sensor halleffect yang memberikan data *input* ke ADC pada mikrokontroler. Data *input* itu diolah dan ditampilkan pada LCD.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Mu, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan Dan Pembuatan Gaussmeter Portabel Menggunakan Mikrokontroler ATmega16”** ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Keberhasilan penyelesaian laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Sotyohadi, ST, Msc selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kedua orang tuaku dan kakak-kakakku yang telah memberikan dukungan.
7. Semua teman – teman yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penulis semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, September 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA UJIAN.....	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II: DASAR TEORI	
2.1. Magnet.....	5
2.1.1. Pendahuluan	5
2.1.2. Jenis Magnet.....	6
2.1.3. Cara Membuat Magnet.....	7
2.1.4. Menghilangkan Sifat Kemagnetan	7

2.1.5. Medan Magnetik	8
2.1.6. Pengaruh Medan Magnet	9
2.1.7. Permeabilitas (Elektromagnetik).....	11
2.1.8. Sifat Kemagnetan Bahan.....	12
2.2. Hall Effect.....	16
2.2.1. Pengertian hall Effect.....	16
2.2.2. Hall Effect A1302	18
2.3. LCD (<i>liquid Crystal Display</i>).....	23
2.4. Mikrokontroler ATmega16.....	26
2.4.1. Arsitektur ATmega16	27
2.4.2. Fitur ATmega16.....	28
2.4.3. Konfigurasi Pin ATmega16	28
2.4.4. Peta Memori	30
2.4.5. Status Register (SREG).....	32

BAB III: PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	34
3.1.1. Rangkaian Mikrokontroler ATmega16.....	36
3.1.2. Rangkaian LCD M1632 (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	38
3.1.3. Rangkaian Sensor.....	39
3.2. Perangkat Lunak Mikrokontroler.....	41
3.2.1. Langkah Pembuatan Program	42
3.2.2. Diagram Alir Program Utama.....	43

BAB IV: PENGUJIAN ALAT

4.1. Tujuan	44
4.2. Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	44
4.2.1. Pengujian Sensor	44
4.2.1.1. Tujuan	44
4.2.1.2. Alat Yang Digunakan.....	45
4.2.1.3. Prosedur Pengujian.....	45
4.2.1.4. Hasil Pengujian	45
4.2.2. Pengujian LCD.....	48
4.2.2.1. Tujuan	48
4.2.2.2. Alat Yang Digunakan.....	48
4.2.2.3. Prosedur Pengujian.....	48
4.2.2.4. Hasil Pengujian	49
4.3. Pengujian Secara Keseluruhan.....	51

BAB V: PENUTUP

5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	Bentuk Medan Magnet Dengan Menggunakan Serbuk Besi....	6
GAMBAR 2.2	Medan Magnet Di Sekitar Magnet Permanen Dan Kawat Berarus	8
GAMBAR 2.3	Arus Mengalir Pada Kawat Membentuk Medan magnet	8
GAMBAR 2.4	Kaidah Tangan Kanan	9
GAMBAR 2.5	Medan Magnet Mengalir Di Kawat Lurus	10
GAMBAR 2.6	Gaya Antar Kawat Lurus Paralel.....	11
GAMBAR 2.7	Bahan Ferromagnetik Dan Grafiknya.....	13
GAMBAR 2.8	Bahan Paramagnetik Dan Grafik Type Kurva Magnetisasi ...	14
GAMBAR 2.9	Bahan Diamagnetik Dan Grafiknya	15
GAMBAR 2.10	Hall Effect sensor	17
GAMBAR 2.11	Pin Out Hall Effect sensor A1320	19
GAMBAR 2.12	Blok Diagram Internal hall Effect A1302	20
GAMBAR 2.13	Rangkaian Detektor Medan Magnet.....	21
GAMBAR 2.14	Kurva perbandingan Sensitivitas Dengan Vcc	21
GAMBAR 2.15	Kurva perbandingan tegangan output dengan Vcc	22
GAMBAR 2.16	Kurva perbandingan sensitifitas dengan suhu	22
GAMBAR 2.17	Kurva perbandingan tegangan output dengan suhu.....	23
GAMBAR 2.18	Pin Pada LCD	24
GAMBAR 2.19	Diagram Blok LCD M1632	26
GAMBAR 2.20	Blok Diagram Fungsional ATmega16	27

GAMBAR 2.21 Pin ATmega 16	30
GAMBAR 2.22 Konfigurasi memori data AVR ATmega16	31
GAMBAR 2.23 Memory Program AVR ATmega16	32
GAMBAR 3.1 Diagram Blok Sistem.....	34
GAMBAR 3.2 Rangkaian Minimum Sistem ATmega16.....	36
GAMBAR 3.3 Rangkaian LCD	39
GAMBAR 3.4 Diagram Blok HallEffect A1302	40
GAMBAR 3.5 Sensitivitas pada Power Supply 5 volt.....	40
GAMBAR 3.6 Diagram Alir Program Utama	43
GAMBAR 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor	45
GAMBAR 4.2 Pengukuran Sensor Tanpa efek medan magnet.....	46
GAMBAR 4.3 Pengukuran sensor Dengan Magnet Kutub Utara	46
GAMBAR 4.4 Pengukuran sensor dengan Magnet Kutub Selatan	46
GAMBAR 4.5 Karakteristik A1302 Power Supply Vs Output Voltage.....	47
GAMBAR 4.6 Karakteristik A1302 Power supply vs Sensitivitas	48
GAMBAR 4.7 Rangkaian pengujian LCD	49
GAMBAR 4.8 Hasil pengujian LCD	49
GAMBAR 4.9 Pengukuran Tegangan awal LCD.....	50
GAMBAR 4.10 Pengukuran Tegangan Setelah Melewati Dioda.....	50
GAMBAR 4.11 Rangkaian Keseluruhan Sistem	51
GAMBAR 4.12 Gambar Alat Keseluruhan	52

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Bahan Material Yang Dikategorikan Sebagai Bahan Magnetik..	13
TABEL 2.2	Suhu Curie Beberapa Bahan Ferromagnetik	16
TABEL 2.3	Fungsi Pin LCD M1632	25
TABEL 3.1	Tabel Data Sheet Hall Effect.....	41
TABEL 4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Sensor.....	45
TABEL 4.2	Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD	50
TABEL 4.3	hasil Pengukuran Berdasarkan Jarak Magnet Dua Kutub	53
TABEL 4.4	Hasil Pengukuran Dan Perbandingan Alat dengan Data Sensor	55
TABEL 4.5	Hasil Pengukuran ADC	58



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia Elektro kita kenal dengan istilah kemagnetan. Magnet banyak terdapat pada peralatan hingga rangkaian elektro, seperti pada loudspeaker, motor listrik, atau pada lilitan yang dialiri arus listrik dan masih banyak lagi contohnya. Medan magnet bisa timbul dan hilang apabila ada unsur - unsur yang dapat mengubahnya menjadi ada dan atau menjadi hilang.. Kekuatan dimana suatu magnet mampu untuk memancarkan atau menginduksikan kemagnetannya disebut kuat medan magnet. Medan magnet atau sering dikatakan dengan magnetic field itu tidak dapat dirasakan oleh indra manusia. Medan magnet dinyatakan dalam satuan Gauss, Semakin kuat medan magnet yang ditimbulkan maka akan semakin besar pula nilai Gauss yang diperoleh.

Melemah atau hilangnya kuat medan magnet banyak disebabkan oleh banyak faktor, tetapi faktor yang sering menjadi penyebab melemahnya kuat medan magnet adalah faktor usia pemakaian dari magnet itu sendiri. Kita secara kasat mata tidak dapat mendeteksi seberapa besar kekuatan medan magnet tersebut, Kita hanya bisa mengetahui setelah magnet itu tidak lagi menginduksikan medan magnetnya hanya dengan mengujinya, misal mendekatkan sebatang besi pada magnet tersebut. Tetapi itu tidak akan berlaku pada rangkaian elektronika yang mempunyai lilitan sebagai sumber pembangkit medan magnetnya, karena akan kecil sekali medan magnet yang ditimbulkannya.

Apalagi dalam merancang rangkaian elektronika membutuhkan ketelitian dalam perhitungan setiap komponennya. Jadi harus benar – benar diukur besarnya.

Untuk itu diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi kuat medan magnet serta mengukur seberapa besar kuat medan magnet yang ditimbulkannya.. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mencoba untuk membuat suatu alat pengukur kuat medan magnet atau Gaussmeter. Yang mana nantinya alat ini akan dibuat secara portabel sehingga praktis digunakan.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan gaussmeter portabel berbasis mikrokontroler Atmega16 dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membuat rangkaian yang menunjang dalam metode ini.
2. Bagaimana merancang dan membuat perangkat lunak atau *software* pada mikrokontroler yang mengendalikan semua kerja sistem.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari perancangan dan pembuatan gaussmeter berbasis mikrokontroller atmega16 secara portable ini tidak terlalu meluas maka penyusun perlu membuat batasan-batasan masalah yang meliputi :

1. Tidak membahas jenis magnet yang lebih luas..
-

2. Tidak membahas *power supply*.
3. Alat ini di buat hanya khusus mengukur kuat medan magnet, tidak termasuk medan listrik.

1.4. Tujuan

Tujuan dari pembahasan skripsi ini adalah perencanaan dan pembuatan gauss meter portabel menggunakan mikrokontroler ATmega16.

1.5. Metodologi Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan Skripsi ini adalah

1. Studi Pustaka

Memperoleh data dengan cara membaca dan mempelajari buku literature yang berhubungan dengan penyusunan skripsi ini.

2. Studi Lapangan

Memperoleh data dengan cara praktek secara langsung untuk menunjang pembuatan alat.

3. Pengolahan Data

Mengolah data dengan jalan membuat analisa dan menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang ada.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dari skripsi ini terdiri dari pokok pembahasan yang saling berkaitan antara satu dengan lainnya, yaitu :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika pembahasan dari alat yang direncanakan.

BAB II Landasan Teori

Pada bab ini dibahas tentang teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat ini yang meliputi rangkaian AVR ATMEGA16

BAB III Perencanaan Dan Pembuatan Alat

Pada bab ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan keseluruhan sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

BAB IV Pengujian Alat

Pada bab ini dibahas tentang proses serta hasil dari pengujian alat, yang didasarkan oleh pengukuran-pengukuran dan percobaan.

BAB V Penutup

Pada bab ini akan disampaikan kesimpulan dari perencanaan dan pembuatan sistem ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Magnet.

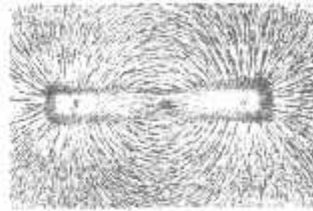
2.1.1. Pendahuluan.

Kemagnetan adalah suatu aspek elektromagnet, yang merupakan satu gaya alami yang paling dasar. Gaya magnet dihasilkan oleh gerakan partikel bermuatan listrik seperti elektron, yang mengindikasikan hubungan yang erat antara listrik dan magnet. Pembahasan yang menyatu antara dua gaya ini dikenal dengan nama teori *elektromagnetik* (radiasi elektromagnetik). Sebuah magnet dapat mengangkat/menarik benda-benda yang terbuat dari besi. Kemampuan magnet untuk menarik besi dikarenakan adanya gaya magnet di sekitar magnet. Gaya yang bekerja pada medan magnet merupakan besaran vektor yang mempunyai besar dan arah. Karena semua magnet memiliki dua kutub, maka kedua kutub magnet menimbulkan gaya untuk menggerakkan benda di dalam medan magnet. Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu utara (*north/N*) dan selatan (*south/S*). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut tetap memiliki dua kutub.

Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa:

1. Medan magnet berasal atau keluar dari kutub utara menuju kutub selatan.

2. Gaya pada kutub utara (U) yang terletak di dalam medan magnet searah dengan medan magnet. Gaya pada kutub selatan (S) berlawanan arah dengan medan magnet.



Gambar 2.1. Bentuk Medan Magnet Dengan Menggunakan Serbuk Besi.

2.1.2. Jenis Magnet

1. Magnet Tetap (Permanen)

Magnet tetap tidak memerlukan tenaga atau bantuan dari luar untuk menghasilkan daya magnet (berelektromagnetik). Jenis magnet tetap selama ini yang diketahui terdapat pada: *Neodymium magnets*, merupakan magnet tetap yang paling kuat. Lalu ada *samarium-cobalt magnets*, *ceramic magnets*, *plastic magnets*, dan *alnico magnets*.

2. Magnet Tidak Tetap (Remanen)

Magnet tidak tetap (remanen) bergantung pada medan listrik untuk menghasilkan medan magnet. Contoh magnet tidak tetap adalah elektromagnet.

3. Magnet Buatan

Magnet buatan meliputi hampir seluruh magnet yang ada sekarang ini. Seperti magnet U, magnet ladam, magnet batang, magnet lingkaran, dan magnet jarum (kompas). Setiap magnet mempunyai sifat (ciri) sebagai berikut:

1. Dapat menarik benda logam tertentu.
2. Gaya tarik terbesar berada di kutubnya.
3. Selalu menunjukkan arah utara dan selatan bila digantung bebas.
4. Tarik menarik bila tak sejenis.
5. Tolak menolak bila sejenis.

2.1.3. Cara Membuat Magnet

Cara membuat magnet antara lain:

1. Digosok dengan magnet lain secara searah.
2. Induksi magnet.
3. Magnet diletakkan pada solenoida dan dialiri arus listrik searah DC.

Bahan yang biasa dijadikan magnet adalah: besi dan baja. Besi lebih mudah untuk dijadikan magnet daripada baja, tetapi sifat kemagnetan besi lebih mudah hilang daripada baja. Oleh sebab itu, besi lebih sering digunakan untuk membuat elektromagnet.

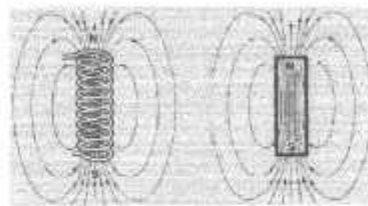
2.1.4. Menghilangkan Sifat Kemagnetan.

Cara menghilangkan sifat kemagnetan antara lain:

1. Dibakar.
 2. Dibanting-banting.
 3. Dipukul-pukul.
 4. Magnet diletakkan pada solenoida dan dialiri arus listrik bolak-balik AC.
-

2.1.5. Medan Magnetik.

Medan magnet selalu di gambarkan dengan garis gaya magnet. Arah dari medan magnet sama dengan arah garis gaya magnet, dan kuat medan magnetik sebanding dengan kerapatan garis gaya magnetik. Efek medan magnet disebut induksi magnetik (B). Sebagai contoh pada magnet batang kuat medan magnet makin kuat pada ujung-ujungnya. Magnet yang memiliki perbedaan bentuk akan memiliki kuat medan yang berbeda, seperti ditunjukkan dalam gambar.



Gambar 2.2 Medan Magnet Di Sekitar Magnet Permanen Dan Kawat Berarus.

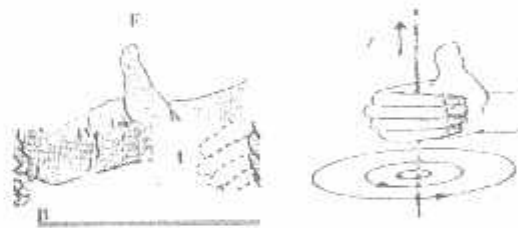
Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan:

1. Bila di dalam ruang tersebut ditempatkan benda magnetik maka benda tersebut mengalami gaya.
2. Bila di dalam ruang tersebut ditempatkan benda magnetik maka benda tersebut mengalami gaya.
3. Bila di ruang terdapat partikel/benda bermuatan, maka benda tersebut mengalami gaya.



Gambar 2.3 Arus Mengalir Pada Kawat Membentuk Medan Magnet.

Arus mengalir melalui sepotong kawat membentuk suatu medan magnet (M) disekeliling kawat. Medan tersebut terorientasi menurut aturan tangan kanan. Dalam ilmu Fisika, medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan mengerjakan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya. (Putaran Mekanika kuantum dari satu partikel membentuk medan magnet dan putaran itu dipengaruhi oleh dirinya sendiri seperti arus listrik inilah yang menyebabkan medan magnet dari ferromagnet "permanen"). Sebuah medan magnet adalah medan vektor yaitu berhubungan dengan setiap titik dalam ruang vektor yang dapat berubah menurut waktu. Arah dari medan ini adalah seimbang dengan arah jarum kompas yang diletakkan di dalam medan tersebut.



Gambar 2.4. Kaidah Tangan Kanan.

2.1.6. Pengaruh Medan Magnet.

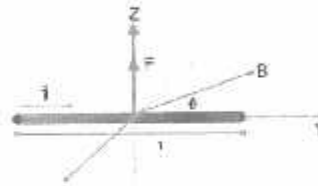
1. Sebuah partikel bermassa m bermuatan listrik q yang bergerak dengan kecepatan v di dalam medan magnet dengan induksi magnetik B akan mengalami gaya Lorentz F sebesar, $F = q v B \sin \alpha$

θ = sudut yang dibentuk oleh arah gerak muatan dengan arah induksi magnetik

Bila $\theta = 90^\circ$ ($v \perp B$) maka $F = q v B$. Karena F selalu tegak lurus terhadap v , maka lintasan partikel bermuatan merupakan lingkaran dengan jari-jari R sebesar: $R = mv/q \cdot B$ dengan $v = \omega R$ dimana $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$

2. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Kawat Berarus.

Melalui kawat lurus yang terletak di sumbu-y mengalir arus I

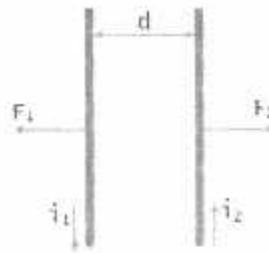


Gambar 2.5 Medan Magnet Mengalir Di Kawat Lurus.

Bila kecepatan muatan-muatan positif adalah v dan jumlah muatan yang mengalir adalah q selama waktu t , maka gaya Lorentz $F = L \cdot I \cdot B \sin \theta$. Penentuan arah gaya Lorentz mengikuti kaidah tangan kanan. Jika keempat jari dikepalkan dari arah v ke B atau dari arah I ke B maka ibu jari menunjukkan arah gayanya.

3. Gaya Antar Kawat Lurus Paralel

- Bila I_1 dan I_2 berlawanan arah, kedua kawat saling tolak-menolak.
- Bila I_1 dan I_2 searah, kedua kawat saling tarik.



Gambar 2.6 Gaya Antar Kawat Lurus Paralel

$$F_1/l = F_2/l = \mu_0 I_1 I_2 / 2\pi d$$

4. Momen Kopel Pada Kumparan.

Bila suatu kawat penghantar berbentuk kumparan dengan luas penampang A , jumlah lilitan N dialiri arus I dan berada dalam induksi magnetik B maka,

terjadi momen kopel τ sebesar:

$$\tau = N I B A \sin \theta \quad \text{satuan N.m}$$

Satuan induksi magnetik:

- Mks : wb/ m² atau maxwell/ m² atau tesla.
- Cgs : Gauss atau Oersted.

$$1 \text{ Gauss} = 1 \text{ Oersted} = 10^{-4} \text{ Wb/m}^2 [3]$$

2.1.7. Permeabilitas (Elektromagnetik).

Medan magnet selalu disimbolkan dengan B . Dalam sejarahnya B disebut induksi magnetik. Sepadan dengan besaran H , yang disebut dengan medan magnetik, dan istilah ini selalu digunakan untuk membedakan keduanya dalam masalah bahan magnetik. Dalam material linier, seperti udara dan vakum, dua besaran adalah linier: $B = \mu \cdot H$. B dan H diukur dalam *tesla* (T) dan *Ampere per meter* dalam satuan SI (A/m). Dalam elektromagnetik, permeabilitas adalah

derajat magnetisasi material yang merespon medan magnet linier dari luar. Permeabilitas magnetik di representasikan dengan symbol μ . Dalam satuan SI, permeabilitas diukur dalam *Henry per meter* (H/m), atau *Newton per ampere kuadrat* (N/A²). Konstanta μ_0 di ketahui sebagai konstanta magnetik atau permeabilitas vakum dan mempunyai nilai eksak: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$

Beberapa material, disebut ferromagnetik dikarenakan memiliki sifat kemagnetan yang kuat secara alami, relatif terhadap material lain. Bahan ini disusun dari sejumlah besar unit-unit magnet kecil yang bekerja bersama-sama disebut domain. Domain tidak selalu searah, dan memiliki kecenderungan untuk selalu menghilangkan interaksi medan magnet dari luar.

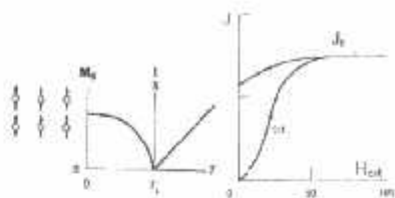
2.1.8. Sifat Kemagnetan Suatu Bahan.

Berdasarkan sifat kemagnetan suatu bahan terhadap tarikan atau tolakan garis-garis gaya magnet luar, bahan digolongkan atas tiga golongan:

1. Ferromagnetik

Adalah bahan yang sangat kuat menarik garis-garis gaya magnet luar.

Contoh: besi, nikel, kobalt dan baja. Bahan ferromagnetik menahan gaya magnet ketika medan magnet eksternal dihilangkan atau dikurangi. Efek ini adalah hasil dari interaksi kuat antara momen magnet atom-atomnya atau elektron dalam substansi magnetik yang menghasilkan momen magnet sejajar satu terhadap yang lain.



Gambar 2.7. Bahan Ferromagnetik Dan Grafiknya.

Biasanya material ferromagnetik dibagi ke dalam daerah-daerah yang disebut domain, dalam setiap domain, momen atomiknya memiliki arah yang sejajar satu dengan yang lain. Jika diberi medan dari luar kemudian medan dikurangi hingga menjadi nol maka bahan ferromagnetik akan menunjukkan kurva histerisis.

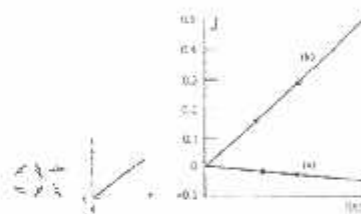
Tabel 2.1. Bahan Material Yang Dikategorikan Sebagai Bahan Magnetik.

No.	Bahan Material	Lambang	Jenis Bahan
1.	Aluminium	Al(13)	Metal
2.	Barium	Ba(56)	Metal
3.	Calcium	Ca(20)	Metal
4.	Oxygen	O(8)	Non-Metal
5.	Platinum	Pt(78)	Metal
6.	Sodium	Na(11)	Metal
7.	Strontium	Sr(38)	Metal
8.	Uranium	U(92)	Metal
9.	Magnesium	Mg(12)	Metal
10.	Technetium	Tc(43)	Artifisial

2. Paramagnetik.

Adalah bahan yang sedikit menarik garis-garis gaya magnet dari luar. Contoh: alumunium , platina, dan kayu. Paramagnetik adalah

kecenderungan dari dipole magnet atomic untuk bersekutu dengan medan magnet luar. Hal ini terjadi dari efek spin mekanika kuantum atau momentum angular orbital elektron. Material paramagnetik ditarik ketika diberi medan magnet dari luar. Pensejajaran dipole magnet dengan medan magnet cenderung untuk memperkuat medan magnet dan di gambarkan dengan permeabilitas magnet relatif lebih besar daripada satuannya.



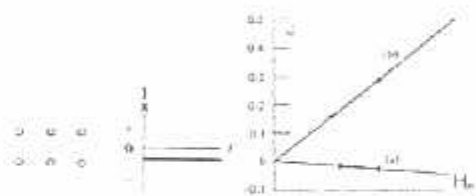
Gambar 2.8 Bahan Paramagnetik Dan Grafiknya Type Kurva Magnetisasi.

Paramagnetik memerlukan atom tunggal yang memiliki momen dipole permanen yang mantap tanpa medan magnet luar. Dalam paramagnetik yang murni, dipole atomic tidak berinteraksi satu sama yang lain dan mengakibatkan dipole magnet yang random orientasinya, sebagai hasilnya akan tidak menghasilkan momen magnet. Jika diberikan interaksi dengan medan magnet maka dia akan spontan menjadi magnet dan spontan juga hilang jika medan magnetnya dihilangkan. Dengan demikian di atas temperature *Currie* bahan ferromagnetik akan berubah menjadi paramagnetik.

3. Diamagnetik.

Adalah bahan yang sedikit menolak garis-garis gaya magnet luar.

Contoh: tembaga, bismuth, emas, seng dan garam dapur. Bahan diamagnetik, ketika ditempatkan dalam medan magnet, memiliki momen magnet yang menyebabkan dalam dirinya melawan arah medan magnet dari luar. Sifat ini sekarang diketahui sebagai hasil arus listrik yang disebabkan dalam atom dan molekul tunggal. Arus ini, dinyatakan dalam hukum Ampere, menghasilkan momen magnet yang melawan medan magnet luar. Beberapa bahan diamagnetik yang paling kuat adalah logam Bismuth dan molekul organik seperti Benzena.



Gambar 2.9 Bahan Diamagnetik Dan Grafiknya.

Besaran yang dapat digunakan untuk menunjukkan kekuatan suatu bahan dalam menarik garis-garis gaya magnetik luar yaitu *permeabilitas* (μ). Ferromagnetik adalah bahan yang permeabilitasnya jauh lebih besar daripada permeabilitas vakum ($\mu \gg \mu_0$). Paramagnetik adalah bahan yang permeabilitasnya sedikit lebih besar daripada permeabilitas vakum ($\mu > \mu_0$). Diamagnetik adalah bahan yang permeabilitasnya lebih kecil daripada permeabilitas vakum ($\mu < \mu_0$). Sifat ferromagnetik timbul jika bahan dalam keadaan padat, sedangkan dalam

bentuk cair atau gas tidak menunjukkan sifat feromagnetik. Dalam wujud padat sifat feromagnetik akan hilang jika suhu bahan dinaikkan melebihi suatu nilai tertentu yang disebut suhu *curie*. Di atas suhu Curie bahan feromagnetik berubah menjadi paramagnetik.

Tabel 2.2 Suhu Curie Beberapa Bahan Ferromagnetik.

Bahan	suhu
Besi	770°C
Kobalt	1131°C
Nikel	358°C
Gadolinium	16°C

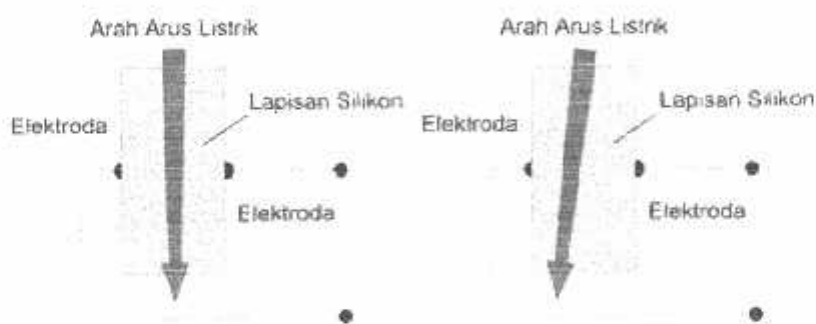
2.2. Hall Effect

2.2.1 Pengertian Hall Effect

Hall effect sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Hall Effect sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut.

Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah inductor yang berfungsi sebagai sensornya. Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan

magnet yang statis (kekuatan medan magnetnya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Oleh sebab itu diperlukan cara yang lain untuk mendeteksinya yaitu dengan sensor yang dinamakan dengan '*hall effect*' sensor. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik.



Gambar 2.10.Hall Effect Sensor.

Sensor hall effect ini hanya terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat ditengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektrode sebelah kiri dan elektrode sebelah kanan sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada outputnya.

Ketika terdapat medan magnet mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati / menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidakseimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan di outputnya.

Semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini akan menyebabkan pembelokan arus di dalam lapisan silikon ini akan semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini akan menghasilkan beda tegangan yang semakin besar pada output sensor ini.

Arah pembelokan arah arus pada lapisan silikon ini dapat digunakan untuk mengetahui polaritas kutub medan *hall effect* sensor ini. Sensor *hall effect* ini dapat bekerja jika hanya salah satu sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Jika kedua sisi silikon dipengaruhi oleh medan magnet maka arah arus tidak akan dipengaruhi oleh medan magnet itu. Oleh sebab itu jika kedua sisi silikon dipengaruhi oleh medan magnet yang mempengaruhi magnet maka tegangan outputnya tidak akan berubah.

2.2.2 Hall Effect A1302

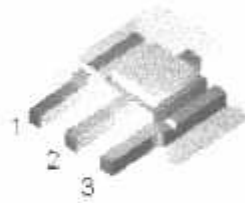
Sensor yang digunakan di dalam alat ini adalah sensor Hall Effect tipe A1302. Sensor ini akan menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang dideteksi oleh sensor ini. Selain itu komponen ini

dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai performa yang cukup baik. Sensor Hall Effect tipe A1302 ini mempunyai 3 pin antara lain :

Pin 1 : VCC, pin tegangan suplai

Pin 2 : GND, pin ground

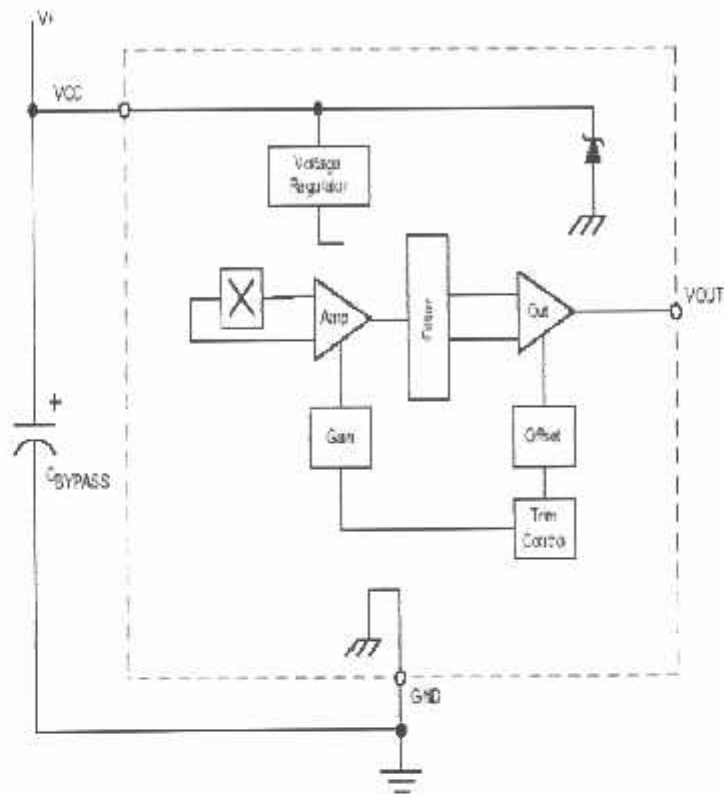
Pin 3 : Vout, pin tegangan output.



Gambar 2.11 Pinout Hall Effect Sensor A1302

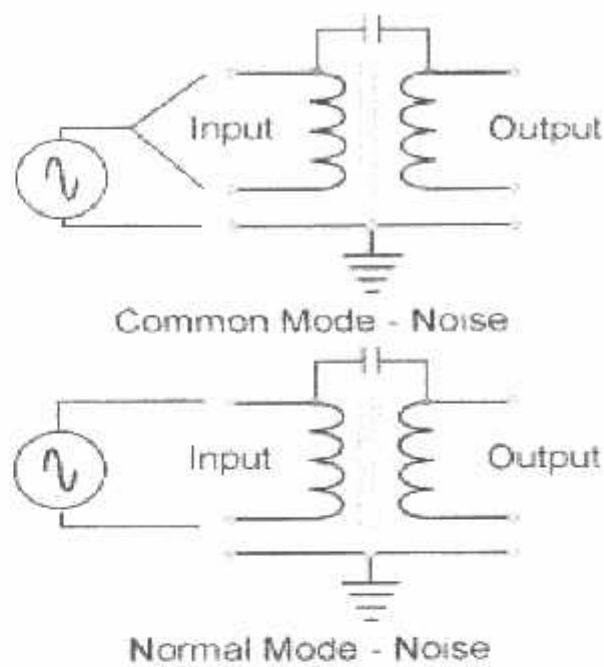
Di dalam sensor ini sudah dibangun sebuah penguat yang memperkuat sinyal dari rangkaian sensor dan menghasilkan tegangan output ditengah-tengah tegangan suplai. Pada sensor ini jika mendapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub selatan maka akan menghasilkan pengurangan pada tegangan output sebaliknya jika terdapat pengaruh medan magnet dengan polaritas kutub utara maka akan menghasilkan peningkatan tegangan pada outputnya. Sensor ini dapat merespon perubahan kekuatan medan magnet mulai kekuatan medan magnet yang

statis maupun kekuatan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi sampai 20Hz.



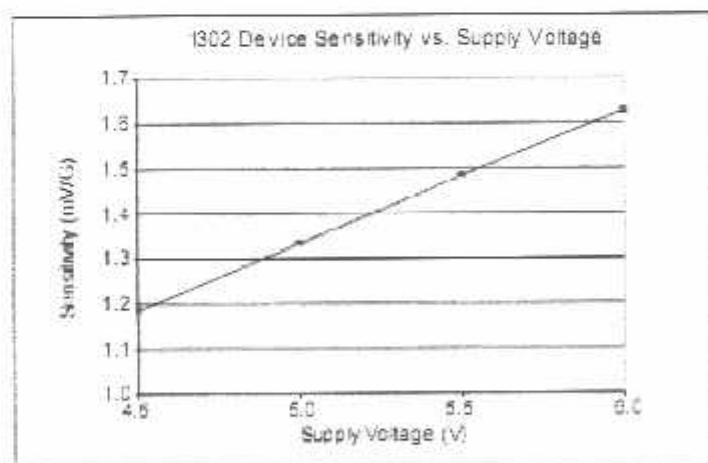
Gambar 2.12. Blok Diagram Rangkaian Internal Hall Effect A1302.

Sensor hall effect A1302 ini mempunyai suplai tegangan yang cukup lebar yaitu mulai 4,5V sampai 6V dengan kepekaan perubahan kekuatan medan magnet sampai frekuensi 20 Hz.



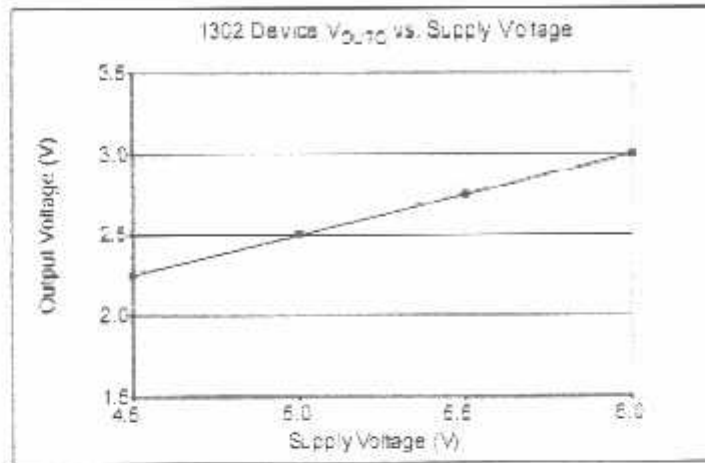
Gambar 2.13. Rangkaian Detektor Medan Magnet.

Sensor hall effect tipe A1302 ini adalah sensor linier. Dengan perubahan tegangan outputnya sebesar 1,35mV/gaussnya pada tegangan vcc 5 volt.



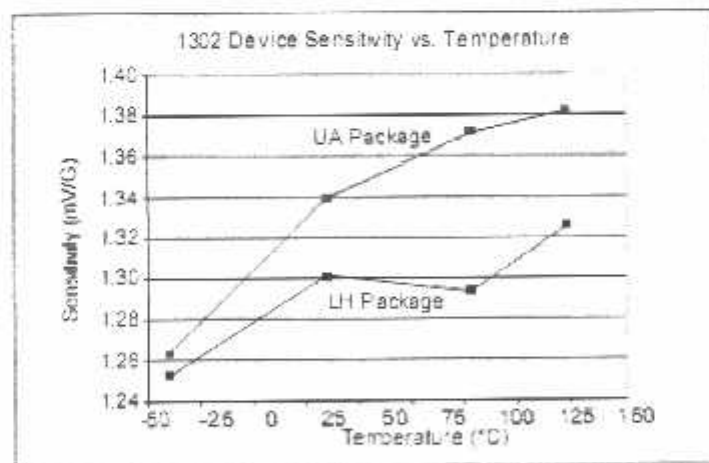
Gambar 2.14. kurva perbandingan sensitifitas dengan Vcc

Sedangkan outputnya tanpa pengaruh medan magnet adalah 2,5 volt pada V_{cc} 5 Volt. Sehingga tegangan keluaran awalnya adalah dimulai dari 2,5 volt.



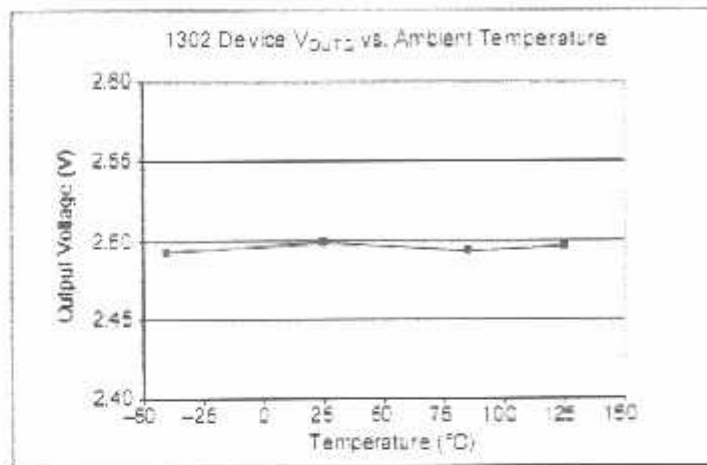
Gambar 2.15. Kurva perbandingan tegangan output vs V_{cc}

Sensitifitas dari sensor hall effect A1302 ini juga dipengaruhi oleh suhu kerja pada lingkungan sekitar. Sesuai data sheet diperoleh perbandingan sebagai berikut:



Gambar 2.16. Kurva perbandingan sensitifitas dengan suhu.

Sedangkan pada outputnya juga dapat dipengaruhi suhu sekitar sebesar ditunjukkan oleh kurva perbandingan sebagai berikut:



Gambar 2.17. Kurva perbandingan tegangan output dengan suhu.

Pada gambar 2.16 dan gambar 2.17 bekerja pada tegangan supply 5 Volt maka didapat suhu normal pada 25°C . Artinya saat yang terbaik untuk suhu kerja sensor hall effect 1302 ini adalah pada suhu 25°C .

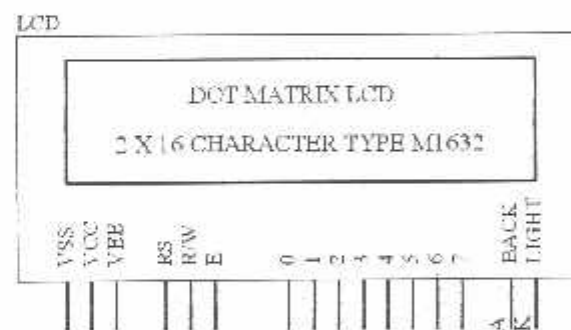
2.3. LCD (Liquid Crytal Display)

Liquid Crystal Display adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controller CMOS didalamnya. Controller tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan di kontrol oleh suatu instruksi, sehingga modul LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU. Ciri-ciri dari LCD M1632:

- Terdiri dari 32 karakter yang dibagi menjadi 2 baris dengan display dot matrik 5 X 7 ditambah cursor.
- Karakter generator ROM dengan 192 karakter.

- Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter.
- 80 X 8 bit display data RAM.
- Dapat diinterfacekan dengan MPU 8 atau 4 bit
- Dilengkapi fungsi tambahan : Display clear, cursor home, display ON/OFF, cursor ON/ OFF, display character blink, cursor shift dan display shift
- Internal data
- Internal otomatis dan reset pada power ON
- +5 V power supply tunggal

Berikut ini merupakan pin-pin LCD beserta konfigurasinya:



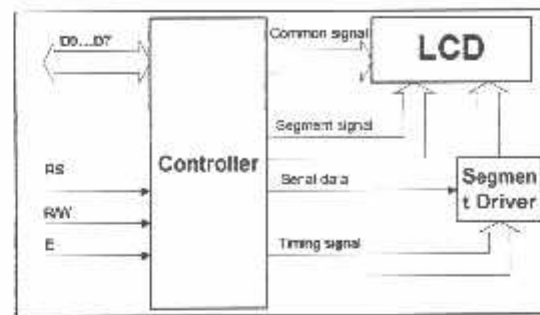
Gambar 2.18 Pin Pada LCD.

LCD ini mempunyai 16 pin yang dihubungkan dengan perangkat keras prosessor penunjang. Adapun fungsi dari masing-masing pin, ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.3. Fungsi Pin LCD M1632.

No	Nama Penyemat	Fungsi
1	Vss	Terminal ground
2	Vcc	Tegangan catu +5 volt
3	Vee	Drive LCD
4	RS	Sinyal pemilih register 0: Instruksi register (tulisi) 1: Data Register (tulisi dan baca)
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: Tulis 1: Baca
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis dan baca
7 – 14	DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data.
15	V+ BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 4 - 4,42 V dan 50 – 500 mA
16	V-BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 0 V

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termutiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok untuk LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.28.

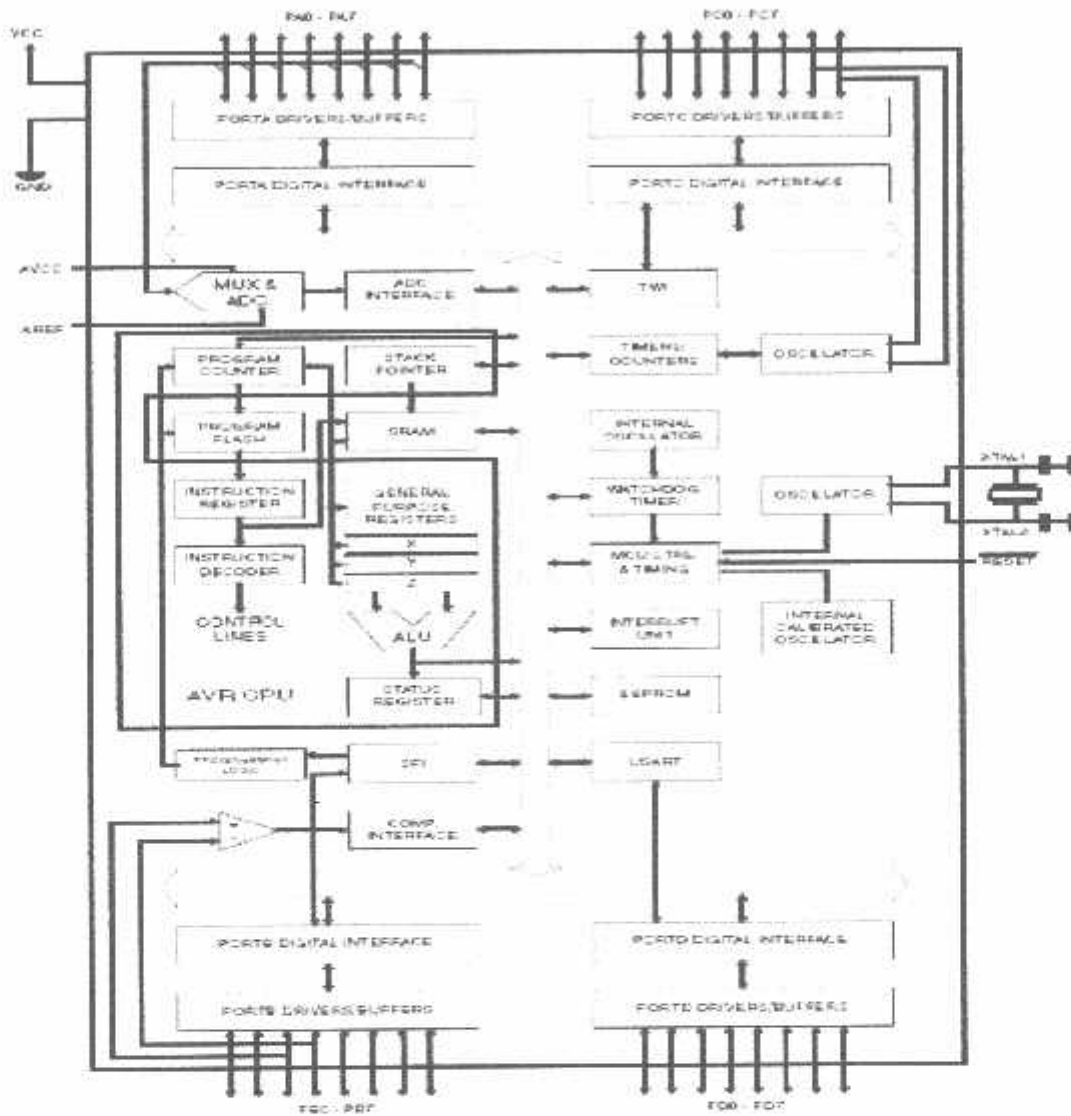


Gambar 2.19 Diagram Blok LCD M1632

2.4. Mikrikontroler ATmega 16

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

2.4.1. Arsitektur ATmega16



Gambar 2.20. Blok diagram fungsional ATmega16

(Sumber : www.atmel.com , datasheet ATmega 16)

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega16 memiliki bagian sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.

3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 byte.
7. Memori Flash sebesar 16 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial.

2.4.2. Fitur ATmega16

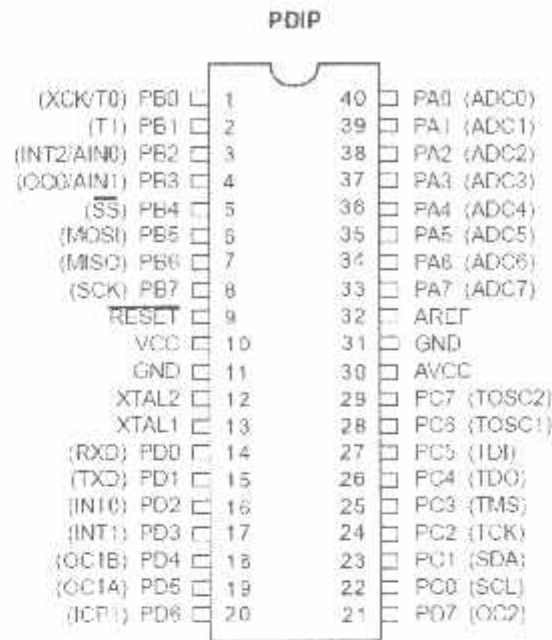
Kapabilitas detail dari ATmega16 adalah sebagai berikut :

1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, *SRAM* sebesar 512 byte, dan *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
3. *ADC* internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
4. Portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

2.4.3. Konfigurasi Pin ATmega16

Konfigurasi pin ATmega16 bisa dilihat pada gambar 2-7. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega16 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
 2. GND merupakan pin *ground*.
 3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
 4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
 5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
 6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
 7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
 8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
 9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
 10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.
-



Gambar 2.21. Pin ATMeg16

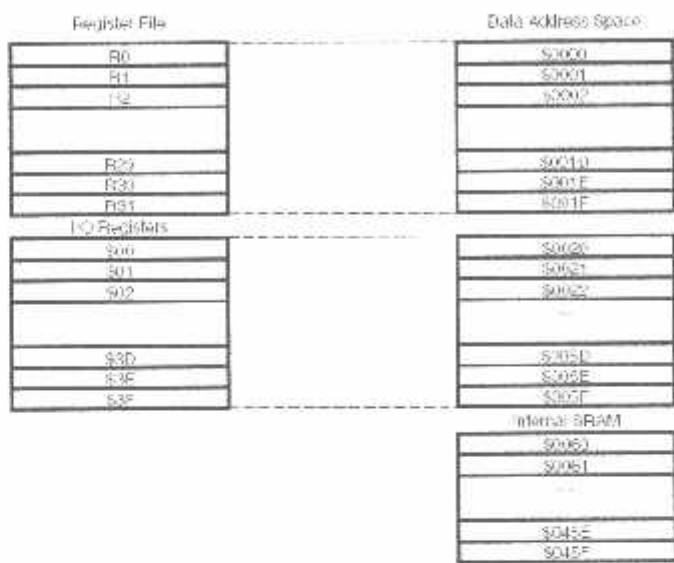
(Sumber : www.atmel.com, datasheet ATMeg16)

2.4.4. Peta Memori

AVR ATMeg16 memiliki ruang pengamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM Internal.

Register keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan control terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, seperti control register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Alamat memori

berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan pada gambar 2-8.



Gambar 2.22. Konfigurasi Memeri Data AVR ATMega16

(Sumber : www.atmel.com , datasheet ATMega 16)

Memori program yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATMega16 memiliki 4KByteX16-bit *Flash PEROM* dengan alamat mulai dari \$0000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12-bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengamati isi *Flash*.



Gambar 2.23. Memory Program AVR ATmega16

(Sumber : www.atmel.com, datasheet ATmega 16)

Selain itu, AVR ATmega16 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

2.4.5. Status Register (SREG)

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.

a. Bit 7 – I : *Global Interrupt Enable*

Bit harus diset untuk meng-enable interupsi. Setelah itu, anda dapat mengaktifkan interupsi mana yang akan anda gunakan dengan cara meng-enable bit control register yang bersangkutan secara individu. Bit akan di-clear apabila terjadi suatu interupsi yang dipicu oleh hardware, dan bit tidak akan mengizinkan terjadinya interupsi, serta akan diset kembali oleh instruksi RETI.

b. Bit 6 – T : *Bit Copy Storage*

Instruksi BLD dan BST menggunakan bit-T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit-T dapat disalin kembali ke suatu bit dalam register GPR menggunakan instruksi BLD.

c. Bit 5 – H : *Half Carry Flag*

d. Bit 4 – S : *Sign Bit*

Bit-S merupakan hasil operasi EOR antara flag-N (negatif) dan flag V (komplemen dua overflow).

e. Bit 3 – V : *Two's Complement Overflow Flag*

Bit berguna untuk mendukung operasi aritmatika.

f. Bit 2 – N : *Negative Flag*

Apabila suatu operasi menghasilkan bilangan negatif, maka *flag-N* akan diset.

g. Bit 1 – Z : *Zero Flag*

Bit akan diset bila hasil operasi yang diperoleh adalah nol.

h. Bit 0 – C : *Carry Flag*

Apabila suatu operasi menghasilkan *carry*, maka bit akan diset.



BAB III

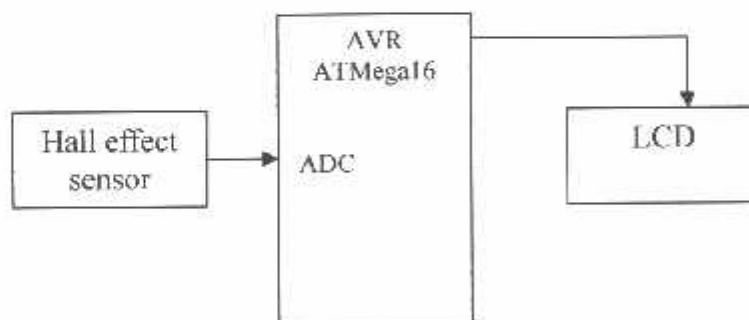
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini akan membahas tentang perencanaan dan perancangan alat yang meliputi perencanaan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*) mikrokontroler. Perancangan secara keseluruhan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*).
2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*).

3.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*).

Diagram blok sistem sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

Dari gambar blok diagram 3.1 dapat dijelaskan cara kerjanya sebagai berikut:

Prinsip kerja:

1. Sensor Hall Effect akan mengeluarkan tegangan secara linier terhadap perubahan kuat medan magnet.
2. Tegangan keluaran dari sensor lalu diubah kedalam bentuk digital oleh rangkaian ADC kemudian diolah mikokontroler ATMegal6, Selanjutnya akan ditampilkan di LCD.

Keterangan dari diagram blok :

- Hall Effect sensor

Hall Effect yang digunakan adalah tipe A1302. Sensor ini berfungsi mendeteksi kuat medan magnet. Keluaran sensor ini adalah tegangan linier yaitu 1,3mV/Gauss.

- Mikrokontroler ATMegal6

Sebagai pengolah semua data dan inputan dari sensor kemudian menampilkannya pada LCD. Mikrokontroller berfungsi sebagai pengontrol semua sistem. dalam IC ini terdapat ADC 10 bit 8 saluran, 512byte EEPROM, 32 *Programmable I/O lines*, 16 Kb Flash memory dan 2 buah *timer / counter* 16 bit.

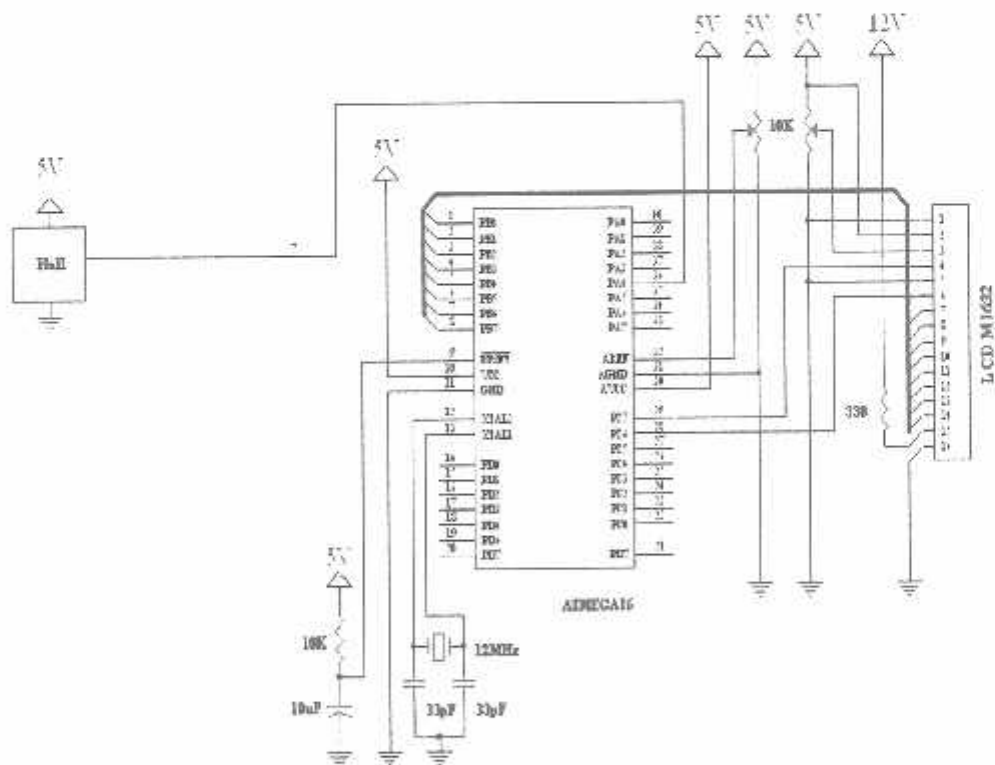
- LCD

LCD berfungsi sebagai tampilan data, berupa nilai besar gauss dan data ADC. LCD yang digunakan dengan type M1632 dengan 16 karakter.

Perencanaan masing-masing blok diagram sistem terdiri dari perencanaan rangkaian kontrol menggunakan Mikrokontroler ATmega16, beberapa rangkaian pendukung seperti rangkaian *sensor*, rangkaian *display(LCD)*.

3.1.1. Rangkaian Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler yang digunakan ialah mikrokontroler keluarga AVR ATmega 16 yang mempunyai arsitektur *RISC(Reduce Instruction Set)*. ATmega 16 mempunyai 4 *channels* PWM, 8 *channels* ADC 10-bit, dan juga ATmega 16 mempunyai kemampuan PWT (*Programmable Watchdog Timer*) dengan osilator yang terpisah, sehingga memungkinkan untuk mengaplikasikannya sebagai MCU yang cukup handal.



Gambar 3-2. Rangkaian minimum sistem ATmega 16

Dalam perancangan dan pembuatan rangkaian sistem ini mikrokontroler ATmega 16 bekerja sebagai pengontrol masukan dan keluaran. Alokasi penggunaan pin mikrokontroler ATmega16 adalah sebagai berikut :

- ❖ PB.0-PB.7 dihubungkan ke LCD.
- ❖ PA.4 digunakan sebagai port input yang akan menerima sinyal dari sensor Hall effect A1302.
- ❖ Pin no.9 ialah pin reset mikrokontroler ATmega 16.
- ❖ X_1 dan X_2 sebagai masukan dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri atas osilator 11,0592 MHz, kapasitor C_1 dan C_2 yang masing-masing bernilai 33 pF yang akan membangkitkan pulsa *clock* yang digunakan sebagai penggerak bagi sejumlah operasi internal CPU.

Osilator pada rangkaian minimum sistem ATmega 16 menggunakan kristal 11,0592 MHz dan kapasitor 33 pF. Nilai kapasitor ini diperoleh dari tabel datasheet tentang penggunaan kapasitor untuk rangkaian osilator / sistem clock pada ATmega 16. Penggunaan kristal 11,0592 MHz ini bertujuan agar perhitungan baudrate tidak mengalami error yang disebabkan karena selisih perhitungan. Perhitungan baudrate pada ATmega 16 dengan menggunakan kristal 11,0592 MHz.

Baudrate yang diinginkan ialah 38400 bps, maka nilai pada *UBRR(USART Baud Rate Register)* dapat ditentukan dengan perhitungan :

$$UBRR = \frac{f_{osc}}{16.Baud} - 1$$

$$UBRR = \frac{11059200}{16.38400} - 1$$

$$UBRR = \frac{11059200}{614400} - 1$$

$$UBRR = 18 - 1 = 17 = 11H$$

Penggunaan kristal 11,0592 MHz memungkinkan hasil perhitungan *baudrate* tidak sisa dan *error* dari selisih perhitungan tidak ada.

3.1.2. Rangkaian LCD M1632 (*Liquid Crystal Display*).

LCD diperlukan untuk menampilkan nilai karakter input yang akan diproses dan data karakter output dari hasil pengukuran supaya hasil proses dan pengukuran bisa dipahami oleh manusia. Rangkaian LCD ini dalam pengoperasiannya memerlukan 8 bit data dan 3 bit kontrol. Bagian utama dari rangkaian ini adalah penampil karakter LCD 16 x 2 baris. RS (*Register Select*) dan *Enable* pada pin 4 dan pin 6 yang merupakan kontrol dari LCD. Saluran data (*data bus*) dihubungkan ke port 0 mikrokontroler. Untuk pin R/W akan berlogika low (0) apabila dihubungkan dengan ground maka LCD difungsikan hanya untuk menuliskan program atau data ke display. Untuk mengambil data dari mikrokontroller maka pin-pin data dihubungkan dengan port dari mikrokontroller.

Pada lembaran datasheet modul LCD M1632 SEIKO INSTRUMENT INC disebutkan bahwa:

Power supply LCD meliputi :

$$V_{ss} = 0 \text{ V}$$

$$V_{cc} = 5 \text{ V} \pm 5\% (2\text{mA})$$

Power supply back light :

$$V + BL = 4 - 4,2 \text{ V (50 sampai 200 mA)}$$

$$V - BL = 0 \text{ V (GND)}$$

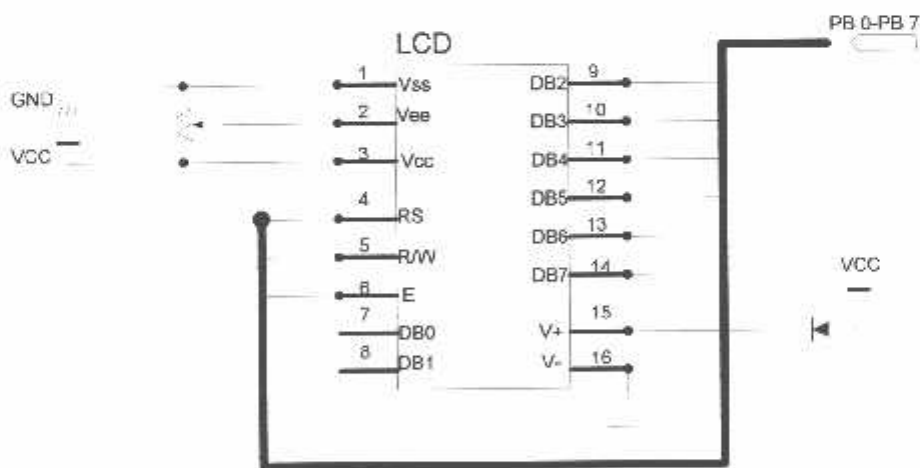
Pada input $V + BL$ dipasang sebuah dioda 1N4001 (bahan silicon dengan $V_d = 0,65 \text{ V}$ sampai $0,7 \text{ V}$). tujuannya adalah didapatkan tegangan $V + BL$ sebesar $4 - 4,2 \text{ V}$ dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_{cc} = V_d + (V + BL)$$

$$5 = 0,7 + (V + BL)$$

$$(V + BL) = 5 - 0,7 = 4,3 \text{ Volt.}$$

Dipilih dioda 1N4001 karena arus maksimum yang biasa dilewatkan oleh dioda ini sebesar 1 A , berikut ini adalah rangkaian lengkap modul LCD yang digunakan dalam perancangan :

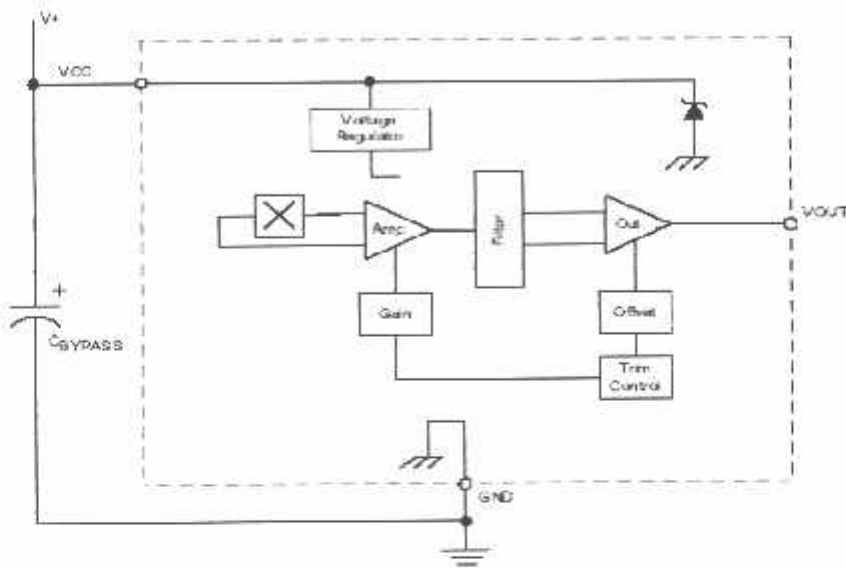


Gambar 3.3 Rangkaian LCD

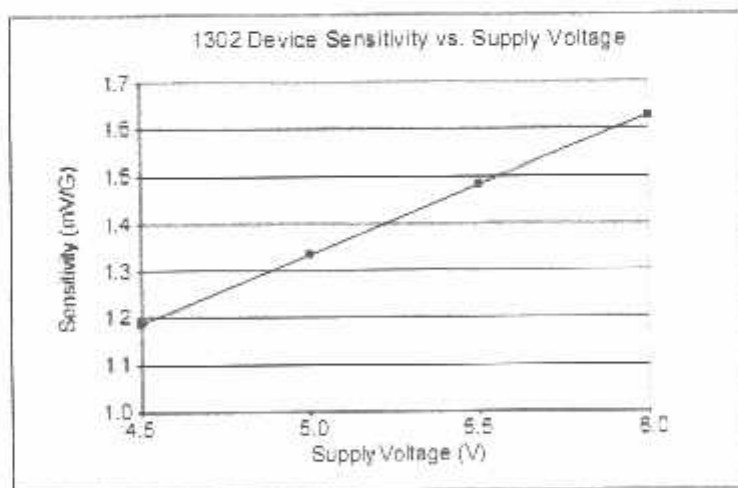
3.1.3. Rangkaian Sensor.

Sensor yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sensor hall effect tipe A1302. Cara kerja sensor ini adalah apabila sensor mendapat bias medan

magnet maka sensor akan mengalami perubahan tegangan pada outputnya secara linier yaitu sebesar 1,3 mV per Gauusnya pada VCC 5 volt. Data tersebut seperti yang tercantum pada data sheet hall effect A1302.



Gambar 3.4 Diagram blok Hall effect A1302.



Gambar 3.5. Sensitifitas pada supply 5 Volt.

Selection Guide				
Part Number	Packing*	Package	Ambient T _a	Sensitivity (Typical)
A1301ELHLT-T	7-in. tape and reel 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 85°C	2.5 mV/G
A1301ELA-T	Bulk 500 pieces/bag	SIP		
A1301KLHLT-T	7-in. tape and reel 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1301KLA-T	Bulk 500 pieces/bag	SIP		
A1302ELHLT-T	7-in. tape and reel 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 85°C	1.3 mV/G
A1302ELA-T	Bulk 500 pieces/bag	SIP		
A1302KLHLT-T	7-in. tape and reel 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1302KLA-T	Bulk 500 pieces/bag	SIP		

*Contact Allegro for additional packing options.

Tabel 3.1. Tabel Data Sheet Hall Effect.

3.2. Perangkat Lunak Mikrokontroler.

Untuk mendukung *hardware* yang sudah dibuat, maka dibutuhkan perangkat lunak (*software*) supaya perangkat keras tersebut bisa berjalan sesuai dengan tujuan. Mikrokontroler dapat mengendalikan seluruh sistem apabila ada urutan instruksi yang mendefinisikan secara jelas urutan kerja yang harus dilaksanakan. Dalam perancangan alat ini perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa pemrograman bascomm.

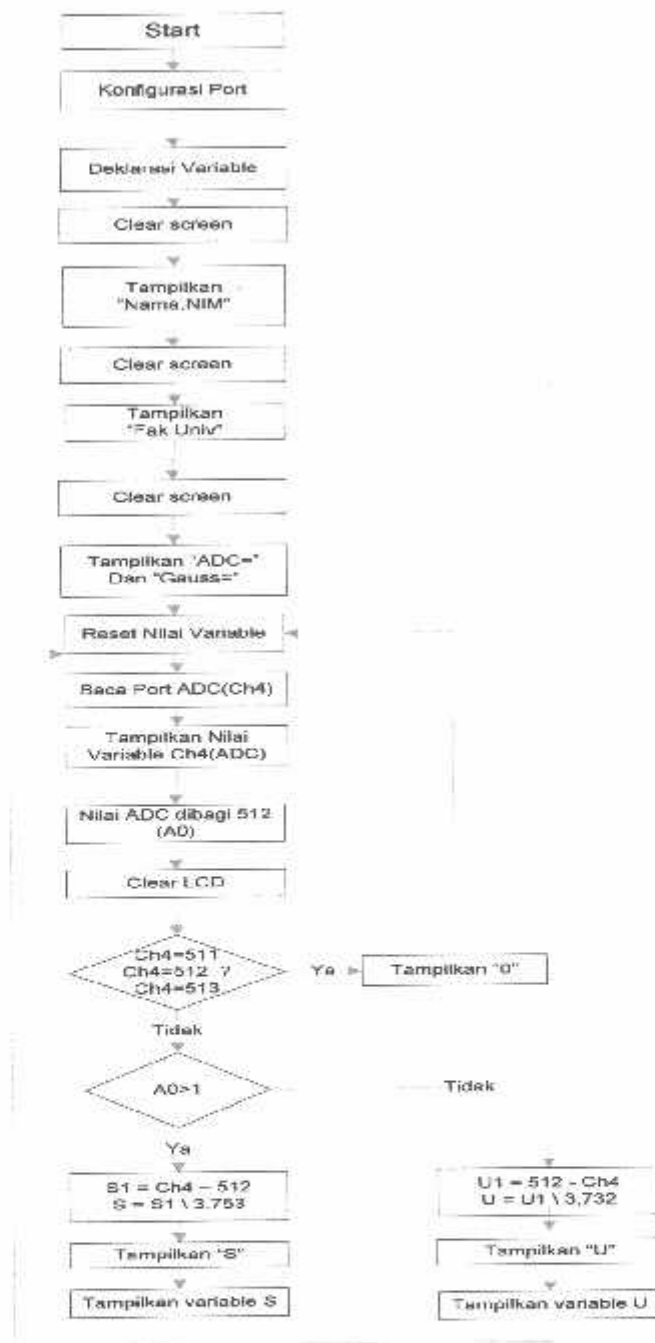
Urutan instruksi ini sangat penting untuk didefenisikan, karena Mikrokontroller bekerja secara pasti berdasarkan urutan insruksi ini. Susunan logika perancangan yang salah tidak dapat diketahui oleh Mikrokontroller. Selama instruksi yang diterima sesuai dengan aturannya, Mikrokontroller tetap mengerjakan instruksi tersebut. Kesalahan seperti ini baru diketahui ketika kerja sistem aplikasi tidak sesuai dengan spesifikasi awal. Oleh karena itu, perancangan perangkat keras sangat menentukan dalam keberhasilan pembuatan perangkat lunak, sama pentingnya dengan perancangan perangkat keras. Sebuah

Mikrokontroller tidak akan bekerja bila tidak diberikan program. Program tersebut memberitahukan apa yang harus dilakukan oleh Mikrokontroller.

3.2.1. Langkah Pembuatan Program.

- Buat diagram alir dari program yang dibuat.
 - Mengubah flowchart ke dalam bahasa pemrograman sesuai urutan jalannya program.
 - Mengkompilasi program yang dibuat sampai menghasilkan struktur program yang dihasilkan.
 - Mendownload program yang telah sesuai dengan apa yang diharapkan ke dalam mikrokontroler dengan menggunakan downloader sesuai tipe mikrokontroler yang digunakan.
-

3.2.2. Diagram Alir program Utama.



Gambar 3.6. Diagram Alir Program Utama.

Tabel 3.2 Hasil pengukuran ADC

	Selatan	Nilai tengah	Utara
Resolusi	$\frac{1839}{490}=3,753$	0	$\frac{1900}{509}=3,733$
ADC	22	512	1021
Selisih ADC	490		509
Vsensor (mV)	110	2500	4970
Selisih Vsensor (mV)	2390		2470
Nilai (Gauss)	$\frac{2390}{1,3}=1839$	0	$\frac{2470}{1,3}=1900$

Dari Tabel 3.2. dapat diketahui resolusi yang digunakan dalam mengetahui batas bawah sensor dan batas atas sensor.



BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1. Tujuan.

Bab ini akan membahas tentang pengujian alat yang telah dirancang. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *hardware* dan *software* dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan, maka dilakukan pengujian pada alat dan sistem kerja alat, yang mana prosedur pengujian meliputi:

1. Pengujian *Hardware*.
2. Pengujian sistem secara keseluruhan.

4.2. Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*).

Dalam pengujian alat dibagi dalam beberapa sub system dari instrumen dan peralatan, diantaranya adalah pengujian:

1. Rangkaian Sensor.
2. Rangkaian LCD.
3. Rangkaian Keseluruhan.

Pengujian perangkat keras ini mencakup pengujian rangkaian elektronika pada masing-masing blok maupun blok secara keseluruhan.

4.2.1. Pengujian Sensor.

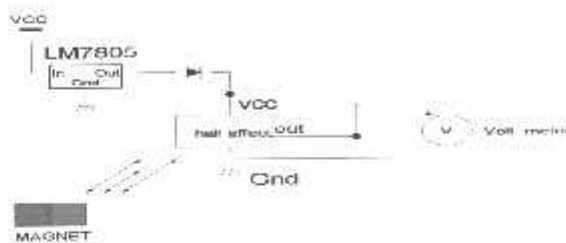
4.2.1.1. Tujuan

Sensor digunakan untuk mengetahui adanya medan magnet yang ditimbulkan oleh sebuah magnet.

4.2.1.2. Alat Yang Digunakan.

- Sebuah magnet 2 kutub.
- Multimeter digital.
- Catu daya 5 Volt.

4.2.1.3. Prosedur Pengujian.



Gambar 4.1. Pengujian Rangkaian Sensor.

1. Menyusun rangkaian pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.
2. Memberikan catu daya 5 Volt pada rangkaian sensor
3. Memberi efek medan magnet dengan mendekatkan sebuah magnet..
4. Mengamati nilai tegangan pada multimeter digital,saat diberi induksi medan magnet dan memasukkan ke dalam tabel 4.1.

4.2.1.4. Hasil Pengujian.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Sensor

Efek medan magnet	Tegangan (V)
Tidak	2.50
Ya / Utara	2.95
Ya / Selatan	2.20



Gambar 4.2 Pengukuran Sensor tanpa Efek Medan Magnet.



Gambar 4.3 Pengukuran Sensor Dengan Magnet Kutub Utara.



Gambar 4.4 Pengukuran Sensor Dengan Magnet Kutub Selatan.

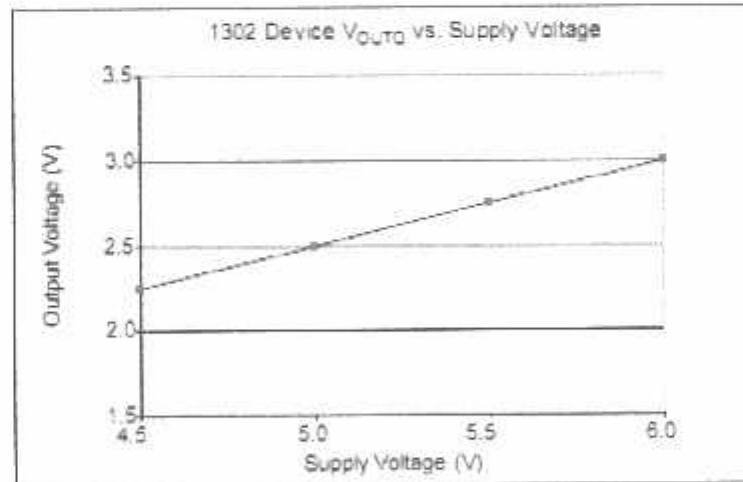
- Analisa Hasil Pengujian

Dari pengujian didapat tegangan keluaran sebesar 2.5 volt pada tegangan catu 5 Volt pada saat sensor tidak mendapat efek medan magnet sama sekali. Ketika sensor mendapat induksi medan magnet maka akan terjadi perubahan tegangan pada outputan sensor. Menurut data sheet perubahan sebesar 1,3 mV/G pada power supply 5 volt

$$V_{out\text{ Sensor}} = 2,5\text{ volt} \pm 1,3\text{mv}$$

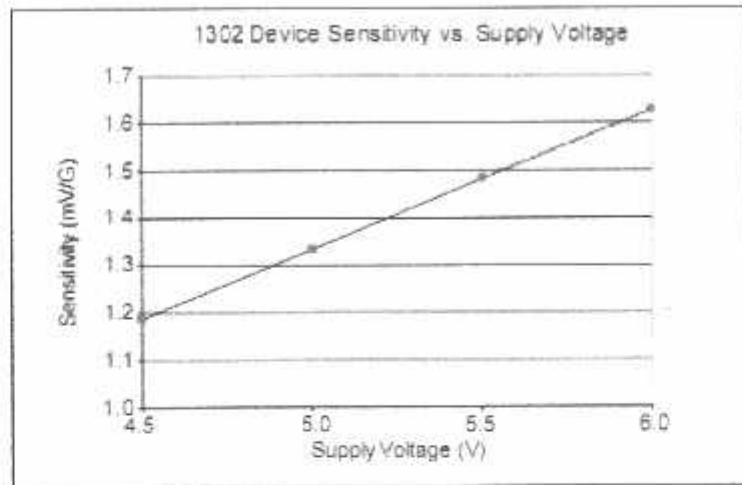
(Pengurangan atau penjumlahan tegangan tergantung pada kutub magnet yang diukur).

Vout sensor 2,5 Volt pada tegangan catu 5 volt tanpa efek medan magnet adalah didapat dari karakteristik hall effect, Yang terdapat pada data sheet hall effect.



Gambar 4.5 Karakteristik A1302 Power Supply vs Output Voltage.

Dan juga perubahan tegangan output hall effect secara linier sebesar 1,3 mV/gauss.



Gambar 4.6 Karakteristik A1302 Power Supply vs Sensitivity.

4.2.2. Pengujian LCD.

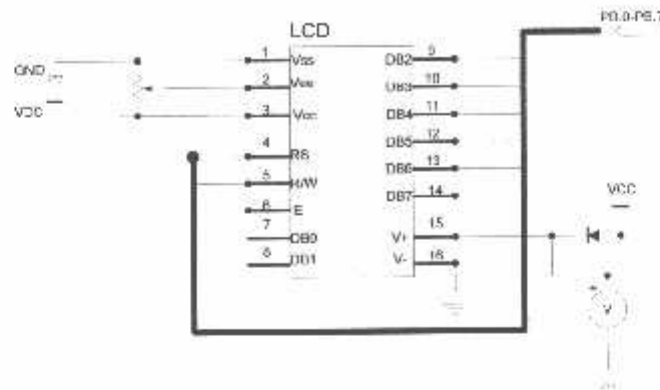
4.2.2.1. Tujuan .

Adapun tujuan dari pengujian rangkaian ini untuk mengetahui kondisi keluaran LCD yaitu sebagai tampilan, juga mencatat nilai tegangan yang masuk pada LCD sebelum dan sesudah melewati diode.

4.2.2.2. Alat-alat Yang Digunakan

- LCD.
- Rangkaian mikrokontroler ATmega 16.
- Catu daya.
- Multimeter digital.

4.2.2.3. Prosedur Pengujian.



Gambar 4.7. Rangkaian Pengujian LCD.

1. Membuat software pengujian rangkaian LCD, program ini berisi inisialisasi *mikrokontroler* dan LCD.
3. Mengaktifkan catu daya.
4. Mengoperasikan program dan hasil keluaran akan ditunjukkan pada layar penampil kristal cair.
5. Mengukur besarnya tegangan awal yang masuk pada LCD dan tegangan setelah lewat pada dioda.

4.2.2.4. Hasil pengujian.

Dari hasil pengujian maka didapatkan tampilan seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.8. Hasil Pengujian LCD.

Tabel 4.2.Hasil Pengukuran Pengujian Rangkaian LCD

No	Tegangan Awal LCD (Volt)	Tegangan Setelah Melewati Dioda (Volt)
1	4,87	4,25



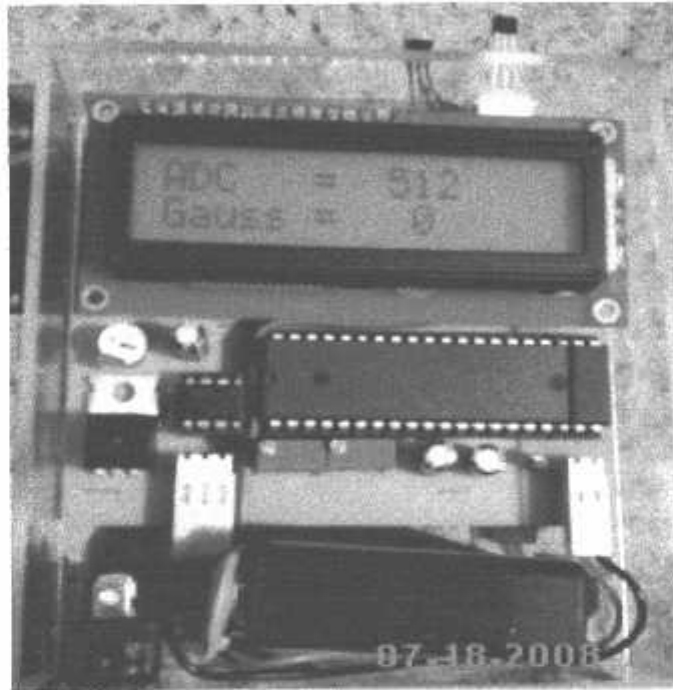
Gambar 4.9. Pengukuran Tegangan Awal LCD



Gambar 4.10. Pengukuran Tegangan Setelah Melewati Dioda.

Perubahan nilai tegangan dari 5,07 V menjadi 4,25 V sesuai dengan tegangan yang direkomendasikan oleh data sheet LCD sebesar 4,2 V - 4,3 V.

- Menghidupkan saklar dan mengamati pada LCD.
- Mendekatkan magnet yang telah ditentukan serta mencatat pada tabel 4.3.



Gambar 4.12 Gambar Alat Secara Keseluruhan.

Tabel 4.3.

Hasil pengukuran berdasarkan jarak menggunakan magnet dua kutub.

Jarak pengukuran	Kutub magnet	Hasil Alat (gauss)	Hasil leybold didactic (gauss)
0	UTARA	112	115.2
	SELATAN	41.3	40.5
1	UTARA	29.9	33
	SELATAN	22.5	20.5
2	UTARA	14.9	16.2
	SELATAN	1	1.2
3	UTARA	7.5	9
	SELATAN	0	1
4	UTARA	7.5	6
	SELATAN	0	0.2
5	UTARA	0	1.3
	SELATAN	0	0

Dari pengukuran diatas didapat perbandingannya, sehingga didapat kesalahan sebesar:

$$\text{Kesalahan/error} = \frac{|\text{nilai pengukuran leybold} - \text{nilai pengukuran alat}|}{\text{nilai pengukuran leybold}} \times 100\%.$$

- Untuk jarak 0 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{115.2 - 112}{115.2} \times 100\% = 2,77 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{40.5 - 41.3}{40.5} \times 100\% = 1,97 \%$$

- Untuk jarak 1 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{33 - 29.9}{33} \times 100\% = 9.39 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{20.5 - 22.5}{20.5} \times 100\% = 9.75 \%$$

- Untuk jarak 2 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{16.2 - 14.9}{16.2} \times 100\% = 8.02 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{1.2 - 1}{1.2} \times 100\% = 1.6 \%$$

- Untuk jarak 3 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{9 - 7.5}{9} \times 100\% = 16.6 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{1 - 0}{1} \times 100\% = 100 \%$$

- Untuk jarak 4 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{6 - 7.5}{6} \times 100\% = 25 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{0.2 - 0}{0.2} \times 100\% =$$

- Untuk jarak 5 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{1.3 - 0}{1.3} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{0 - 0}{0} \times 100\% = 0 \%$$

Dari perhitungan *error* didapat kesimpulan bahwa semakin jauh jarak pengukuran maka kesalahannya akan semakin besar, sehingga untuk mendapatkan kesalahan yang semakin kecil maka jarak pengukuran harus sedekat mungkin dengan sensor.

Tabel 4.4. Hasil pengukuran dan perbandingan Alat dengan *data sheet* sensor

Jarak pengukuran (cm)	Kutub magnet	Hasil pengukuran		
		V out sensor (mV)	Alat (gauss)	$\frac{V_{out}}{1,3} = (\text{gauss})$
0	UTARA	2640	109.1	107,9
	SELATAN	2420	60	61.5
1	UTARA	2540	33,6	30.76
	SELATAN	2470	18.8	23
2	UTARA	2520	14.9	15.38
	SELATAN	2490	7.5	7.69
3	UTARA	2510	7.5	7.69
	SELATAN	2490	7.5	7.69
4	UTARA	2505	7.5	3.8
	SELATAN	2495	0	3.8
5	UTARA	2500	0	0
	SELATAN	2500	0	0

- V_{out} kutub utara $-V_{out}$ sensor -2500mV .
 - V_{out} kutub selatan $= 2500\text{ mV} - V_{out}$ sensor.
- 2500 mV didapat dari V_{out}

Dari tabel perbandingan alat dengan data sheet sensor didapat kesalahan :

$$\text{Kesalahan / error} = \frac{|\text{nilai perhitungan sensor} - \text{nilai pengukuran alat}|}{\text{nilai perhitungan sensor}} \times 100\%.$$

- Untuk jarak 0 cm :

$$\text{Error kutub utara} = \frac{107,9 - 109,1}{107,9} \times 100\% = 1,11 \%$$

$$\text{Error kutub selatan} = \frac{61,5 - 60}{61,5} \times 100\% = 2,43 \%$$

- Untuk jarak 1 cm :

$$\text{Error kutub utara} = \frac{30,76 - 33,6}{30,76} \times 100\% = 9,23 \%$$

$$\text{Error kutub selatan} = \frac{23 - 18,8}{23} \times 100\% = 18,23 \%$$

- Untuk jarak 2 cm :

$$\text{Error kutub utara} = \frac{15,38 - 14,9}{15,38} \times 100\% = 3,12 \%$$

$$\text{Error kutub selatan} = \frac{7,69 - 7,5}{7,69} \times 100\% = 2,47 \%$$

- Untuk jarak 3 cm :

$$Error \text{ kutub utara} = \frac{7.69 - 7.5}{7.69} \times 100\% = 2,47 \%$$

$$Error \text{ kutub selatan} = \frac{7.69 - 7.5}{7.69} \times 100\% = 2,47 \%$$

- Untuk jarak 4 cm :

$$Error \text{ kutub utara} = \frac{3.8 - 7.5}{3.8} \times 100\% = 97,38 \%$$

$$Error \text{ kutub selatan} = \frac{3.8 - 0}{3.8} \times 100\% = 100 \%$$

- Untuk jarak 5 cm :

$$Error \text{ kutub utara} = \frac{0 - 0}{0} \times 100\% = 0 \%$$

$$Error \text{ kutub selatan} = \frac{0 - 0}{0} \times 100\% = 0\%$$

Dari perhitungan *error* dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak pengukuran atau semakin jauh dari sensor maka kesalahan yang didapatkan semakin besar.

Tabel 4.5.
Hasil pengukuran berdasarkan jarak menggunakan magnet lingkaran

Jarak pengukuran	Kutub magnet	Hasil Alat (gauss)	Hasil leybold didactic (gauss)
0	UTARA	170	169.5
	SELATAN	120	117.9
1	UTARA	158	155.8
	SELATAN	115.2	112.5
2	UTARA	142.8	135
	SELATAN	110	108
3	UTARA	135	110.2
	SELATAN	80	102
4	UTARA	100	109
	SELATAN	58.6	80.6
5	UTARA	85.2	96.2
	SELATAN	46.8	62

Dari jenis magnet lingkaran ini didapat error / kesalahan:

$$\text{Kesalahan / error} = \frac{|\text{nilai pengukuran leybold} - \text{nilai pengukuran alat}|}{\text{nilai pengukuran leybold}} \times 100\%.$$

- Untuk jarak 0 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{169.5 - 170}{169.5} \times 100\% = 0.29 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{117.9 - 120}{117.9} \times 100\% = 1.78 \%$$

- Untuk jarak 1 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{155.8 - 158}{155.8} \times 100\% = 1.41 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{112.5 - 115.2}{112.5} \times 100\% = 2.4 \%$$

- Untuk jarak 2 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{135 - 142.8}{135} \times 100\% = 5.77 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{108 - 110}{108} \times 100\% = 1.85 \%$$

- Untuk jarak 3 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{110.2 - 135}{110.2} \times 100\% = 22.5 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{102 - 80}{102} \times 100\% = 21.5 \%$$

- Untuk jarak 4 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{109 - 100}{109} \times 100\% = 8.25 \%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{80.6 - 58.6}{80.6} \times 100\% = 27.2 \%$$

- Untuk jarak 5 cm :

$$\text{Error utara (\%)} = \frac{96.2 - 85.2}{96.2} \times 100\% = 11.45\%$$

$$\text{Error selatan (\%)} = \frac{62 - 46.8}{62} \times 100\% = 24.5 \%$$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan.

Dari hasil pengujian dan analisa dari alat yang telah dibuat maka dapat disimpulkan:

- Perbedaan kutub magnet juga akan mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran meskipun dua kutub magnet tersebut tergabung dalam satu batang magnet.
- Dari perhitungan error kedua pengukuran didapat kesimpulan bahwa semakin jauh jarak objek yang diukur dengan sensor maka kesalahan pengukuran akan semakin besar.
- Dari pengukuran didapat error yang terkecil yaitu 0,29% pada jarak 0 cm dan terbesar tercatat 100 % pada jarak 5 cm. Didapat error yang tinggi karena magnet yang diukur terlalu kecil madan magnetnya dan juga karena karakteristik sensor hall effect.

5.2. Saran.

- Pada pengukuran sebaiknya menggunakan jenis magnet yang berbeda-beda atau lebih dari satu jenis magnet.
- Untuk kedepan dalam penggunaan LCD untuk dipertimbangkan lagi karena LCD membutuhkan konsumsi daya yang cukup besar untuk ukuran alat portable yang menggunakan baterai sebagai catu daya utamanya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/magnetic_field
 - [2] <http://www.datasheetcatalog.com>
 - [3] www.myfisika.net/materi/medan_magnet
 - [4] laboratorium Instrumentasi fisika, UNAIR
 - [5] Data Sheet UGN3503U.
 - [6] <http://www.atmel.com>, Data Sheet ATmega 16
 - [7] LCD Module User Manual, Seiko Inc
 - [8] www.ika.net.
-



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jl.Raya Karanglo Km 2 MALANG

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil Ujian Kompreherensip Jenjang Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro
Konsentrasi Elektronika yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilaksanakan perbaikan skripsi oleh saudara :

Nama : Surya Wahyu Putra
NIM : 03.17.037

Perbaikan tersebut meliputi :

No	Materi Perbaikan	Paraf Dosen
1.	Jenis – jenis magnet yang diuji	
2.	Kesimpulan	
3.	Saran	

Malang, Oktober 2008

Disetujui Oleh

Penguji I

Ir. Mimin Mustikawati
NIP.P.1030000352

Penguji II

Irmalia Suryani Faradisa, ST
NIP.P. 1030100365

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Ir Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y.1038900209

Dosen Pembimbing II

Sotyohadi, ST
NIP.Y.1039700309



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

NIM

Perbaikan meliputi

Surya Wahyu Putra
0317.037.

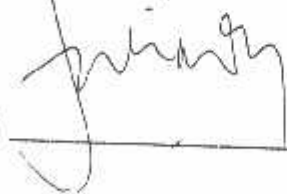
Pengantar ditambahkan jenis 2 magnet 2 yg lalu
mungkin 1.

Kesimpulan dirum

Saran

Tabel no 58 diganti dibab tiga.

Malang, 21 Sept. 2008

()



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Suraji Wahyu Putra
NIM : 0217037
Perbaikan meliputi :

- Perhitungan & rumus jangan diletakkan di kesimpulan skripsi di Bab II, isilah saja baru masukkan ke kesimpulan
- Tambahkan di Saran, pengujian dg lebih dr satu magnet

Malang,

200

(_____)



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Surya Wahyu Putra
Nim : 03.17.037
Masa Bimbingan : 05-Juni-2008 s/d 05-Desember-2008
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Gaussmeter portabel menggunakan mikrokontroler ATmega 16.

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	20/06/08	Konsultasi bab I	
2	06/07/08	Revisi tujuan	
3	22/07/08	Konsultasi Pengujian	
4	02/08/08	Konsultasi bab II & III	
5	19/08/08	Konsultasi bab IV & V	
6	03/09/08	Mencoba alat	
7	08/09/08	Acc seminar	
8	19/09/08	Acc Ujian	
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing I,

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y.1038900209

Form S-4b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo, Km 2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Surya Wahyu Putra
Nim : 03.17.037
Masa Bimbingan : 05-Juni-2008 s/d 05-Desember-2008
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Gaussmeter portabel menggunakan mikrokontroler ATmega 16.

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	22/6/08	00 - 0000 (BAB II)	
2	25/6/08	Perubahan bab I, II	
3	28/6/08	TABEL PENGUSUKAN KURVA KURVA (BAB IV)	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing II,

Sotyo Hadi, ST
NIP.Y.1039700309

03/7

Form S-4b

Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensors

Features and Benefits

- Low-noise output
- Fast power-on time
- Ratiometric rail-to-rail output
- 4.5 to 6.0 V operation
- Solid-state reliability
- Factory-programmed at end-of-line for optimum performance
- Robust ESD performance

Packages: 3 pin SOT23W (suffix LH), and 3 pin SIP (suffix UA)



Not to scale

Description

The A1301 and A1302 are continuous-time, ratiometric, linear Hall-effect sensors. They are optimized to accurately provide a voltage output that is proportional to an applied magnetic field. These devices have a quiescent output voltage that is 50% of the supply voltage. Two output sensitivity options are provided: 2.5 mV/G typical for the A1301, and 1.3 mV/G typical for the A1302.

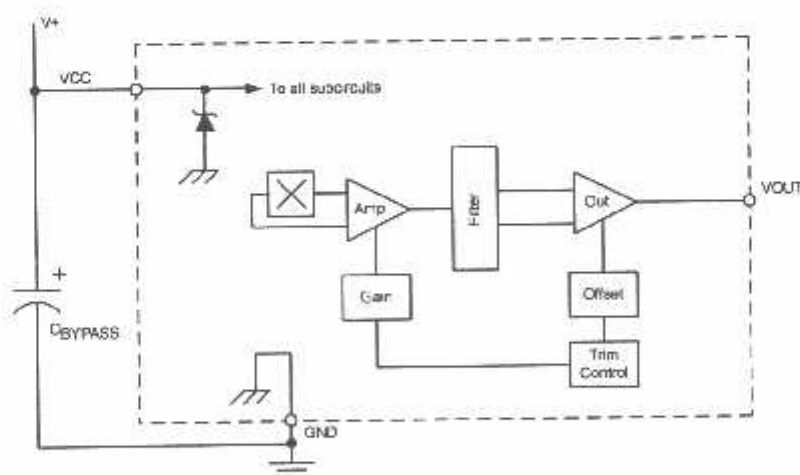
The Hall-effect integrated circuit included in each device includes a Hall sensing element, a linear amplifier, and a CMOS Class A output structure. Integrating the Hall sensing element and the amplifier on a single chip minimizes many of the problems normally associated with low voltage level analog signals.

High precision in output levels is obtained by internal gain and offset trim adjustments made at end-of-line during the manufacturing process.

These features make the A1301 and A1302 ideal for use in position sensing systems, for both linear target motion and rotational target motion. They are well-suited for industrial applications over extended temperature ranges, from -40°C to 125°C .

Two device package types are available: LH, a 3-pin SOT23W type for surface mount, and UA, a 3-pin ultramini SIP for through-hole mount. They are lead (Pb) free (suffix, -T) with 100% matte tin plated leadframes.

Functional Block Diagram



A1301 and
A1302

Continuous-Time Ratiometric
Linear Hall Effect Sensors

Selection Guide				
Part Number	Packing*	Package	Ambient, T _A	Sensitivity (Typical)
A1301ELHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 85°C	2.5 mV/G
A1301EUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		
A1301KLHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1301KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		
A1302ELHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 85°C	1.3 mV/G
A1302EUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		
A1302KLHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	-40°C to 125°C	
A1302KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		

Contact Allegro for additional packing options.



Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Sink Current	I _{OUT}		10	mA
Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
		Range K	-40 to 125	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.6000; www.allegromicro.com

A1301 and
A1302

Continuous-Time Ratiometric
Linear Hall Effect Sensors

DEVICE CHARACTERISTICS over operating temperature range, T_A , and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise noted

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Electrical Characteristics						
Supply Voltage	V_{CC}	Running, $T_J < 165^\circ\text{C}$	4.5	—	6	V
Supply Current	I_{CC}	Output open	—	—	11	mA
Output Voltage	$V_{OUT(High)}$	$I_{SOURCE} = -1\text{ mA}$, Sens = nominal	4.65	4.7	—	V
	$V_{OUT(Low)}$	$I_{SINK} = 1\text{ mA}$, Sens = nominal	—	0.2	0.25	V
Output Bandwidth	EW		—	20	—	kHz
Power-On Time	t_{PO}	$V_{CC(min)}$ to $0.95 V_{OUT}$; $B = \pm 1400\text{ G}$; Slew rate = $4.5\text{ V}/\mu\text{s}$ to $4.5\text{ V}/100\text{ ns}$	—	3	5	μs
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{SINK} \leq 1\text{ mA}$, $I_{SOURCE} \geq -1\text{ mA}$	—	2	5	Ω
Wide Band Output Noise, rms	V_{OUTN}	External output low pass filter $\leq 10\text{ kHz}$; Sens = nominal	—	150	—	μV
Ratiometry						
Quiescent Output Voltage Error with respect to ΔV_{CC}^1	$\Delta V_{OUTQ(V)}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	± 3.0	%
Magnetic Sensitivity Error with respect to ΔV_{CC}^2	$\Delta \text{Sens}_{(V)}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	± 3.0	%
Output						
Linearity	Lin	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	± 2.5	%
Symmetry	Sym	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	± 3.0	%
Magnetic Characteristics						
Quiescent Output Voltage	V_{OUTQ}	$B = 0\text{ G}$; $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.4	2.5	2.6	V
Quiescent Output Voltage over Operating Temperature Range	$V_{OUTQ(\Delta T_A)}$	$B = 0\text{ G}$	2.2	—	2.8	V
Magnetic Sensitivity	Sens	A1301; $T_A = 25^\circ\text{C}$	2.0	2.5	3.0	mV/G
		A1302; $T_A = 25^\circ\text{C}$	1.0	1.3	1.6	mV/G
Magnetic Sensitivity over Operating Temperature Range	$\text{Sens}_{(\Delta T_A)}$	A1301	1.8	—	3.2	mV/G
		A1302	0.85	—	1.75	mV/G

Refer to equation (4) in Ratiometric section on page 4.
Refer to equation (5) in Ratiometric section on page 4.



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1 508.853.6000; www.allegromicro.com

Characteristic Definitions

Quiescent Output Voltage. In the quiescent state (no significant magnetic field: $B = 0$), the output, V_{OUTQ} , equals one half of the supply voltage, V_{CC} , throughout the entire operating ranges of V_{CC} and ambient temperature, T_A . Due to internal component tolerances and thermal considerations, there is a tolerance on the quiescent output voltage, ΔV_{OUTQ} , which is a function of both ΔV_{CC} and ΔT_A . For purposes of specification, the quiescent output voltage as a function of temperature, $V_{OUTQ(ΔT_A)}$, is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ(ΔT_A)} = \frac{V_{OUTQ(T_A)} - V_{OUTQ(25^\circ\text{C})}}{Sens_{(25^\circ\text{C})}} \quad (1)$$

where $Sens$ is in mV/G, and the result is the device equivalent accuracy, in gauss (G), applicable over the entire operating temperature range.

Sensitivity. The presence of a south-polarity (+B) magnetic field, perpendicular to the branded face of the device package, increases the output voltage, V_{OUT} , in proportion to the magnetic field applied, from V_{OUTQ} toward the V_{CC} rail. Conversely, the application of a north polarity (-B) magnetic field, in the same orientation, proportionally decreases the output voltage from its quiescent value. This proportionality is specified as the magnetic sensitivity of the device and is defined as:

$$Sens = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUT(-B)}}{2B} \quad (2)$$

The stability of the device magnetic sensitivity as a function of ambient temperature, $\Delta Sens_{(ΔT_A)}$ (%) is defined as:

$$\Delta Sens_{(ΔT_A)} = \frac{Sens_{(T_A)} - Sens_{(25^\circ\text{C})}}{Sens_{(25^\circ\text{C})}} \times 100\% \quad (3)$$

Ratiometric. The A1301 and A1302 feature a ratiometric output. This means that the quiescent voltage output, V_{OUTQ} , and the magnetic sensitivity, $Sens$, are proportional to the supply voltage, V_{CC} .

The ratiometric change (%) in the quiescent voltage output is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ(ΔV)} = \frac{V_{OUTQ(V_{CC})} / V_{OUTQ(5V)}}{V_{CC} / 5V} \times 100\% \quad (4)$$

and the ratiometric change (%) in sensitivity is defined as:

$$\Delta Sens_{(ΔV)} = \frac{Sens_{(V_{CC})} / Sens_{(5V)}}{V_{CC} / 5V} \times 100\% \quad (5)$$

Linearity and Symmetry. The on-chip output stage is designed to provide linear output at a supply voltage of 5 V. Although the application of very high magnetic fields does not damage these devices, it does force their output into a nonlinear region. Linearity in percent is measured and defined as:

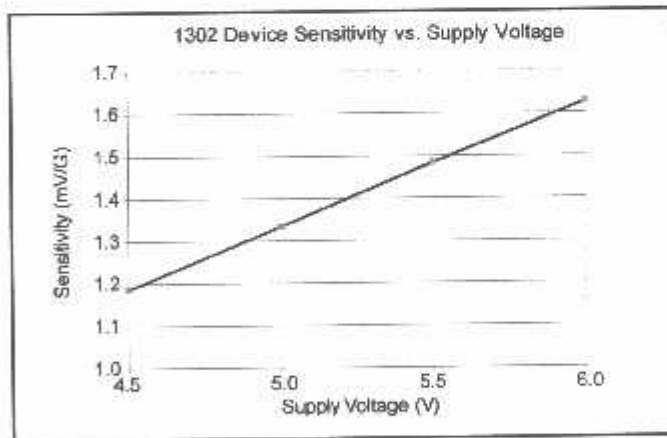
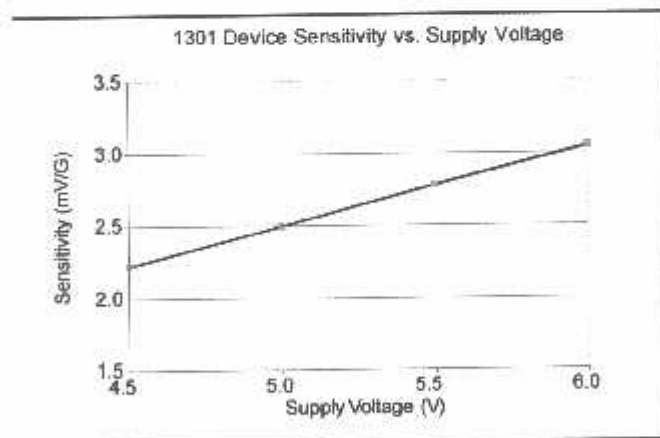
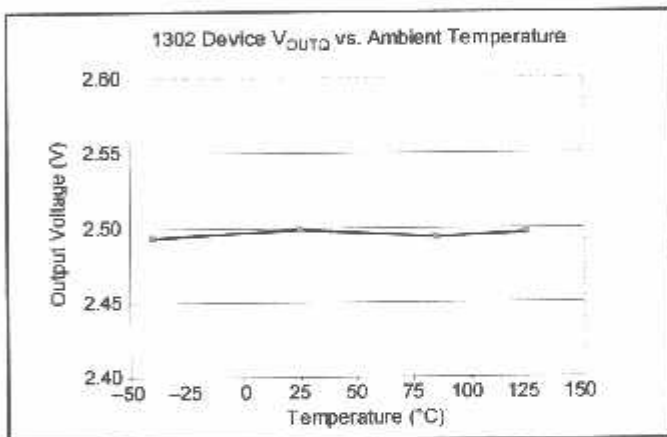
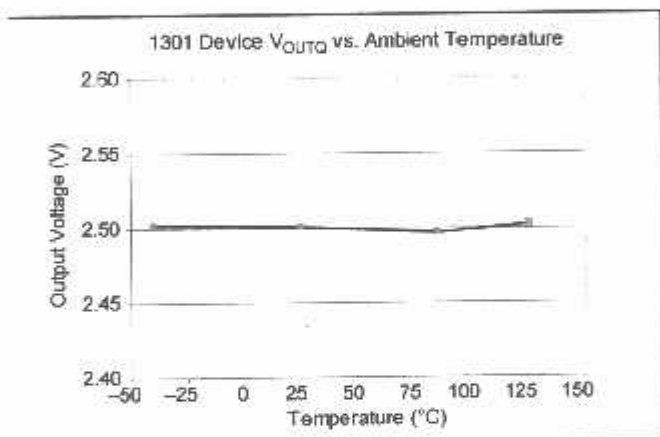
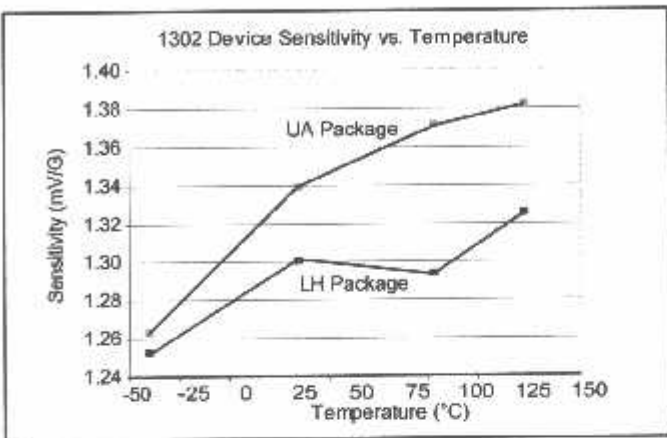
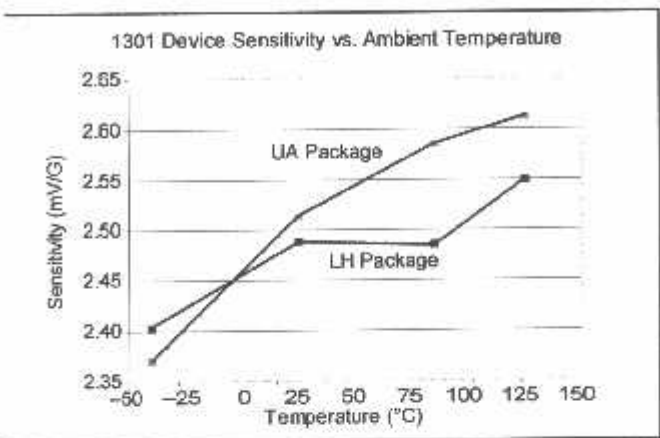
$$Lin+ = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{2(V_{OUT(+B/2)} - V_{OUTQ})} \times 100\% \quad (6)$$

$$Lin- = \frac{V_{OUT(-B)} - V_{OUTQ}}{2(V_{OUT(-B/2)} - V_{OUTQ})} \times 100\% \quad (7)$$

and output symmetry as:

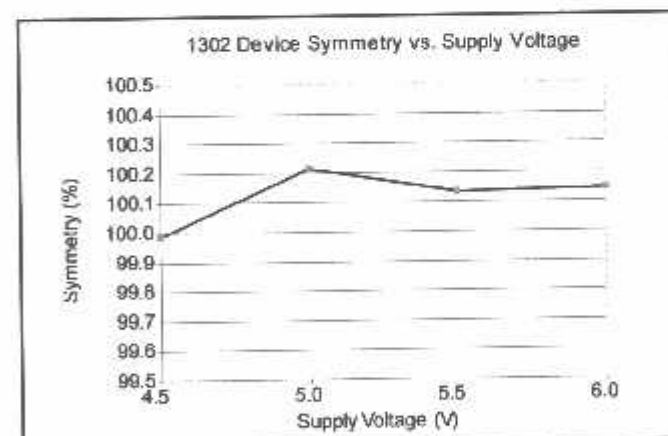
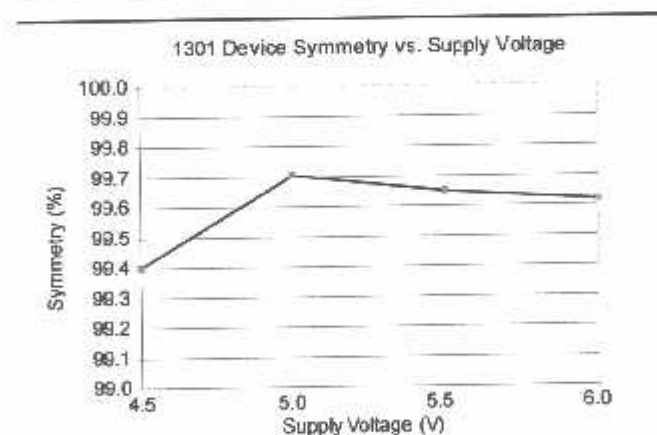
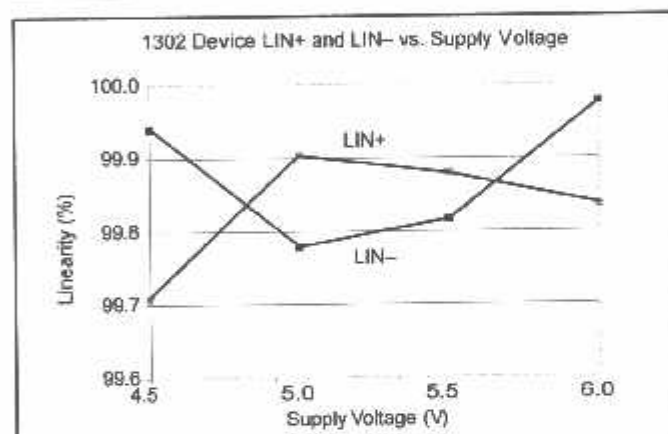
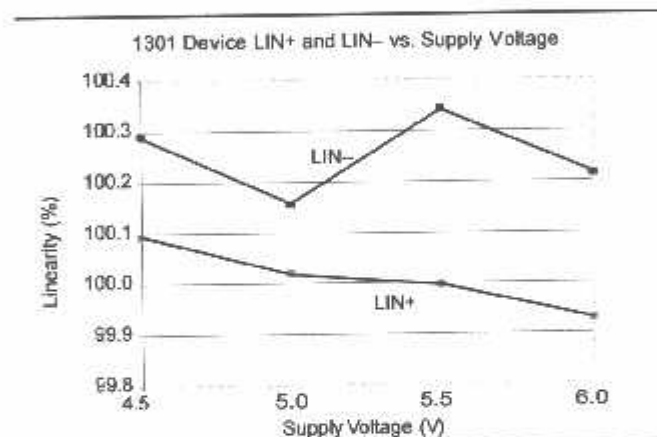
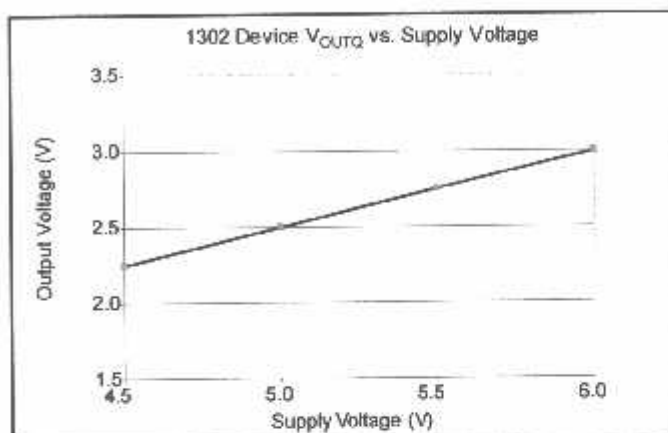
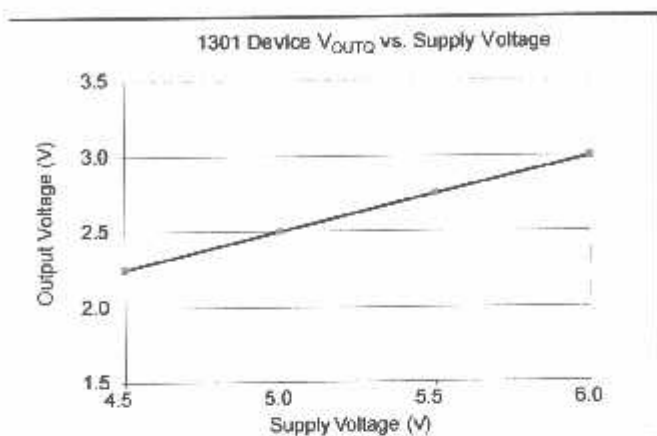
$$Sym = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{V_{OUTQ} - V_{OUT(-B)}} \times 100\% \quad (8)$$

Typical Characteristics
(30 pieces, 3 fabrication lots)

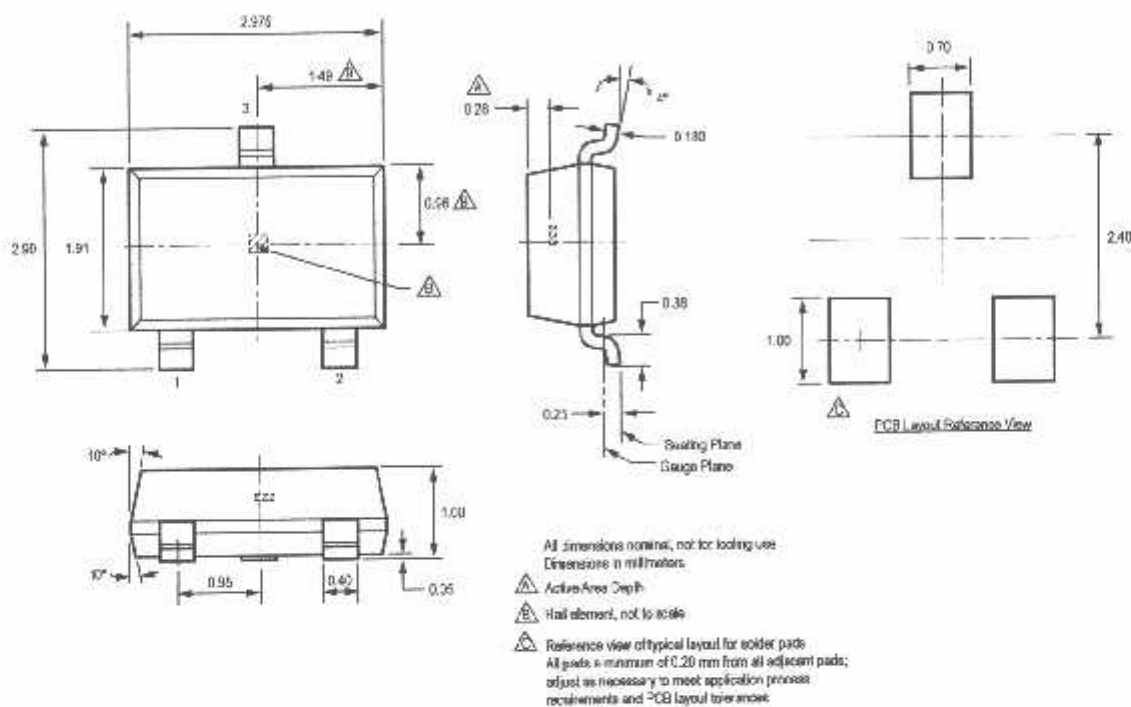


Continued on the next page...

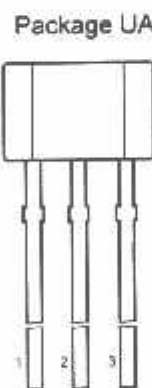
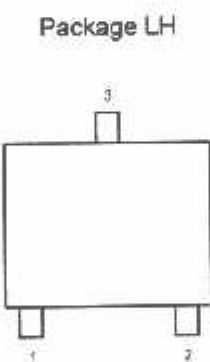
Typical Characteristics, continued
(30 pieces, 3 fabrication lots)



Package LH, 3-Pin; (SOT-23W)



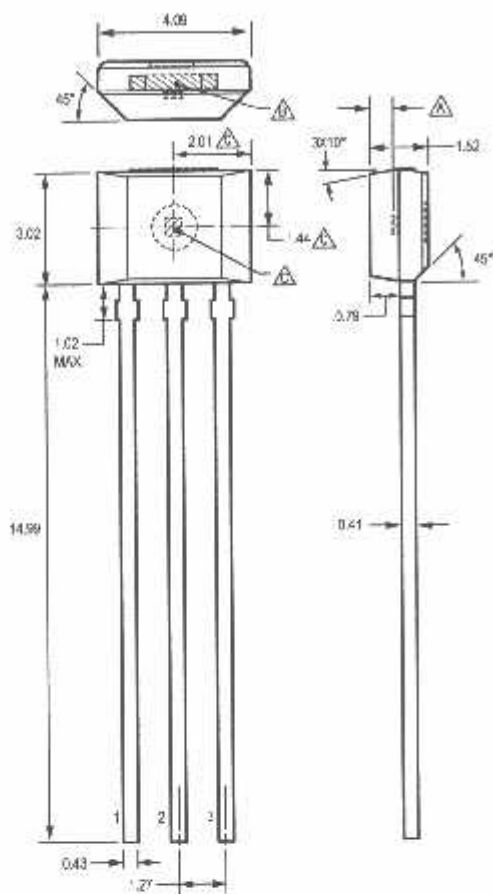
Pin-out Drawings



Terminal List

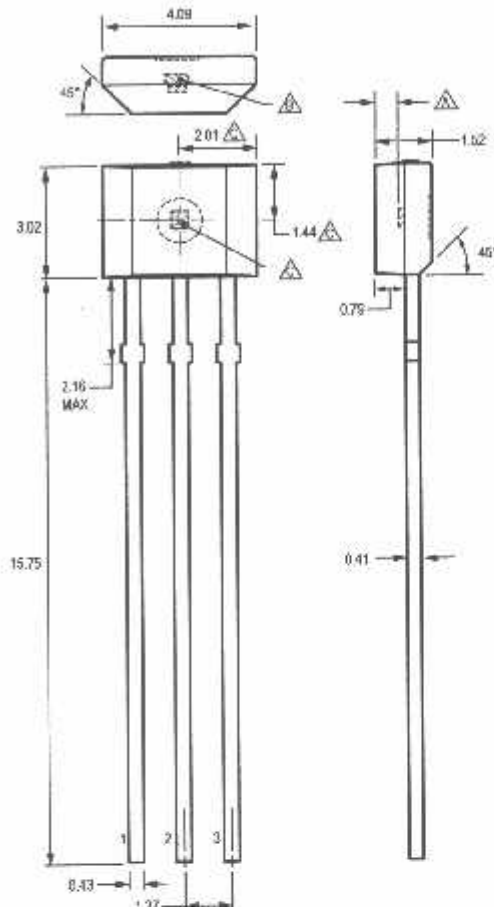
Symbol	Number		Description
	Package LH	Package UA	
VCC	1	1	Connects power supply to chip
VOUT	2	3	Output from circuit
GND	3	2	Ground

Package UA, 3-Pin SIP



Package UA, Matrix Leadframe

All dimensions nominal, not for tooling use
Dimensions in millimeters
Exact case and lead configuration at supplier
discretion within limits shown



Package UA, Conventional Leadframe

- △ Active Area Depth, 0.50 mm
- △ Gate and tie bar burr area (for conventional leadframe, gate burr only)
- △ Hall element, not to scale

Copyright ©2005-2008, Allegro MicroSystems, Inc.
The products described herein are manufactured under one or more of the following U.S. patents: 5,045,920; 5,264,783; 5,442,283; 5,389,889; 5,581,179; 5,517,112; 5,619,137; 5,621,319; 5,650,719; 5,686,894; 5,694,038; 5,729,130; 5,917,320; and other patents pending.
Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.
Allegro's products are not to be used in life support devices or systems, if a failure of an Allegro product can reasonably be expected to cause the failure of that life support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system.
The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; or for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

For the latest version of this document, visit our website:

www.allegromicro.com



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0096 U.S.A.
1.508.653.5000; www.allegromicro.com

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit AVR[™] Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega16
ATmega16L

Summary

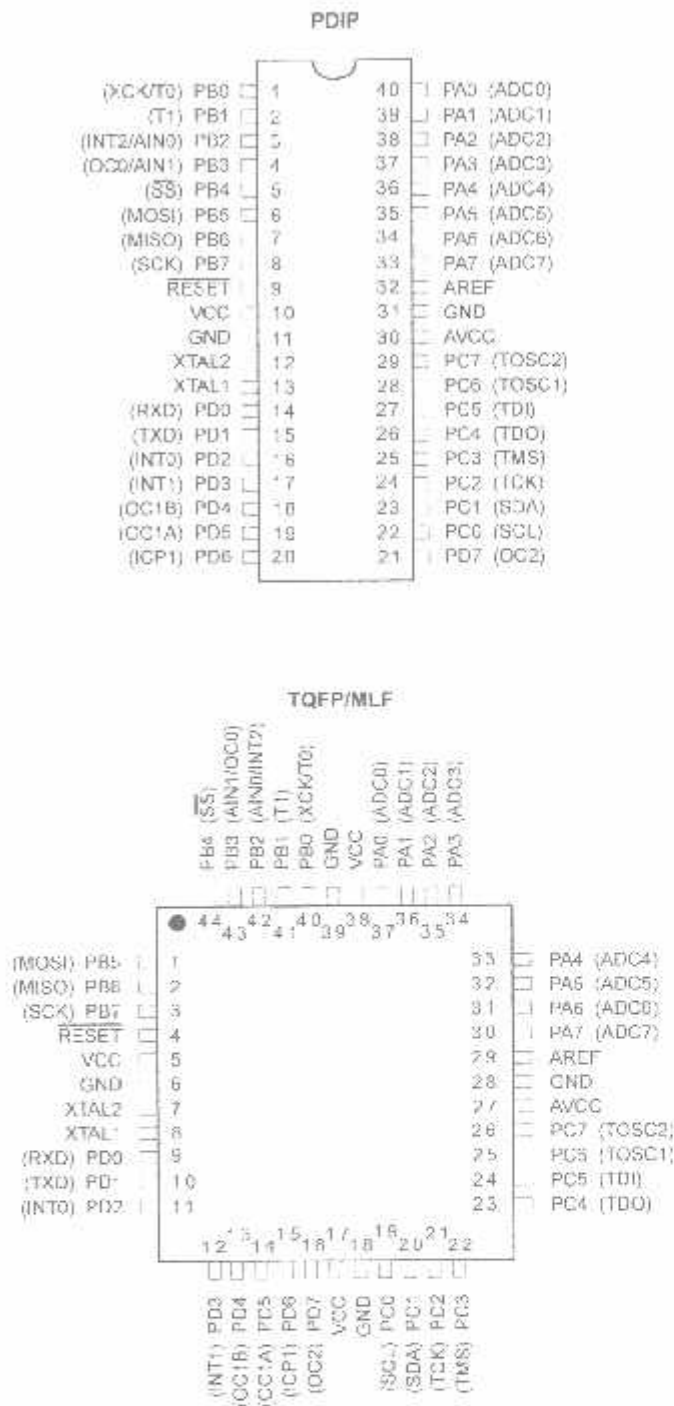
2486HS-AVR-12/03



Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

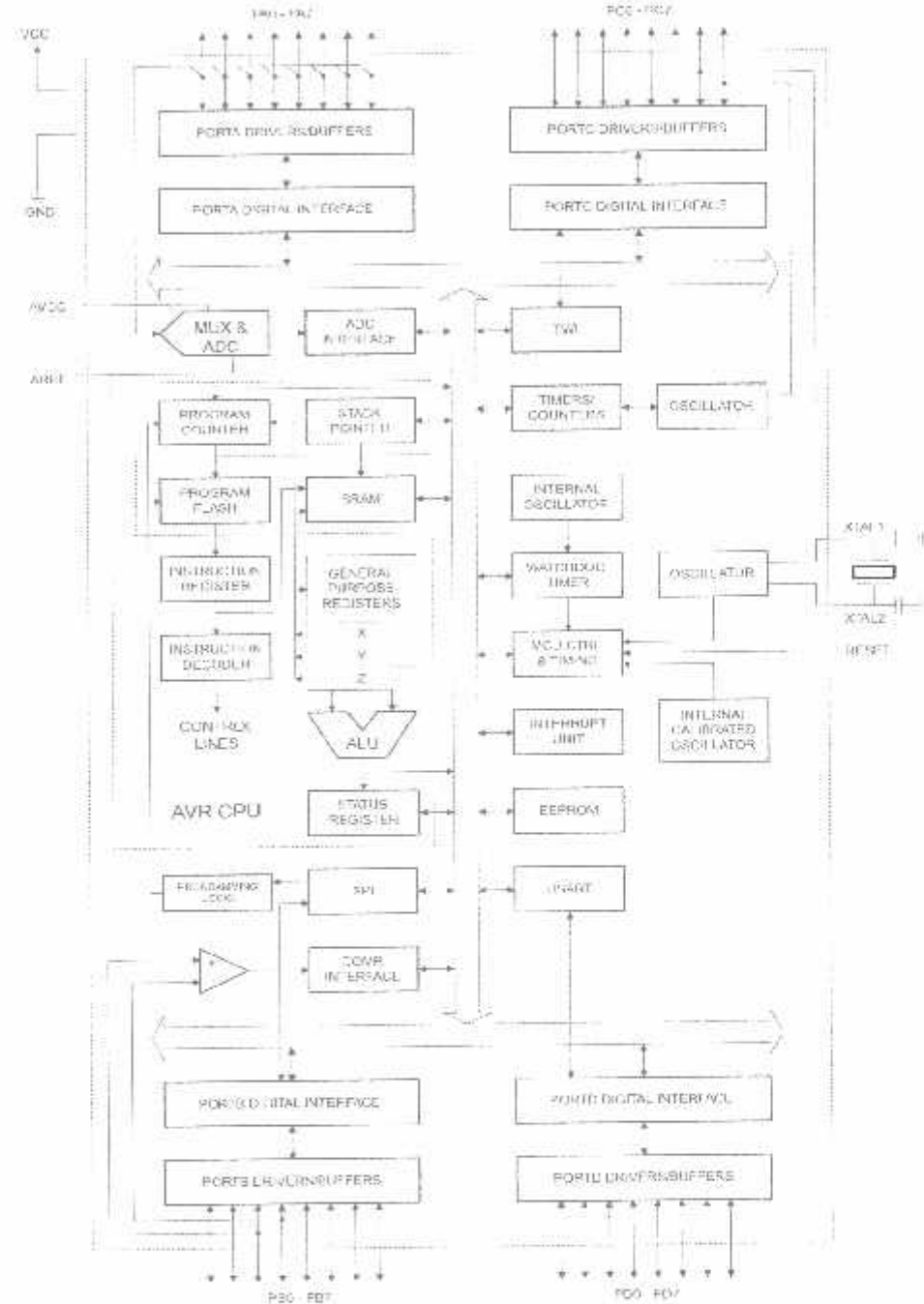
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 56.

Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 59.

Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 61.

RESET

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 36. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
\$3F (\$5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	7
\$3E (\$5E)	SPH	-	-	-	-	-	SP10	SP9	SP8	10
\$3D (\$5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
\$3C (\$5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								83
\$3B (\$5B)	QICR	INT1	INT0	INT2	-	-	-	IVSEL	IVCE	40, 67
\$3A (\$5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	-	-	-	-	-	88
\$39 (\$59)	TIMSK	OCIE2	OCIE1	OCIE0	OCIE1A	OCIE1B	OCIE1	OCIE0	TOIE0	83, 114, 132
\$38 (\$58)	TIFR	OCF2	OCF1	OCF0	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	84, 115, 132
\$37 (\$57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	-	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	249
\$36 (\$56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	178
\$35 (\$55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 66
\$34 (\$54)	MCUCSR	JT0	ISC2	-	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	39, 67, 229
\$33 (\$53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	81
\$32 (\$52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								83
\$31 ⁽¹⁾ (\$51 ⁽¹⁾)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
	ODR	On-Chip Debug Register								225
\$30 (\$50)	SFDR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10	55, 86, 133, 199, 219
\$2F (\$4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	109
\$2E (\$4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	112
\$2D (\$4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								113
\$2C (\$4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								113
\$2B (\$4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								113
\$2A (\$4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								113
\$29 (\$49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								113
\$28 (\$48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								113
\$27 (\$47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								114
\$26 (\$46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								114
\$25 (\$45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	127
\$24 (\$44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								129
\$23 (\$43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								128
\$22 (\$42)	ASSR	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	130
\$21 (\$41)	WDTCSR	-	-	-	WDTCE	WDE	WDIF2	WDIF1	WDIF0	41
\$20 ⁽²⁾ (\$40 ⁽²⁾)	UBRRH	URSEL	-	-	-	UBRR[11:8]				165
	UCSR0C	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	164
\$1F (\$3F)	EEARH	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	17
\$1E (\$3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
\$1D (\$3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
\$1C (\$3C)	EECR	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EEWE	EECE	17
\$1B (\$3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	84
\$1A (\$3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	84
\$19 (\$39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	84
\$18 (\$38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	84
\$17 (\$37)	DDRB	DOB7	DOB6	DOB5	DOB4	DOB3	DOB2	DOB1	DOB0	84
\$16 (\$36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	84
\$15 (\$35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	85
\$14 (\$34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	85
\$13 (\$33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	85
\$12 (\$32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	85
\$11 (\$31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	85
\$10 (\$30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	85
\$0F (\$2F)	SPDR	SPI Data Register								140
\$0E (\$2E)	SPSR	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	SPI2X	140
\$0D (\$2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	138
\$0C (\$2C)	UDR	USART I/O Data Register								161
\$0B (\$2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	FE	U2X	MPCM	162
\$0A (\$2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	163
\$09 (\$29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								165
\$08 (\$28)	ACSR	ACO	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	200
\$07 (\$27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	215
\$06 (\$26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	217
\$05 (\$25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								218
\$04 (\$24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								218
\$03 (\$23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								180
\$02 (\$22)	TWAR	TWA8	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	180

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
\$01 (\$21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	—	TWPS1	TWPS0	179
\$00 (\$20)	TWBR	Two wire Serial Interface Bit Rate Register								178

- Notes:
1. When the OCDEN Fuse is unprogrammed, the OSCCAL Register is always accessed on this address. Refer to the debugger specific documentation for details on how to use the OCDR Register.
 2. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
 3. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 4. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers \$00 to \$1F only.



Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z, C, N, V, H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z, C, N, V, H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z, C, N, V, S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z, C, N, V, H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z, C, N, V, H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z, C, N, V, H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z, C, N, V, H	1
SBIR	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z, C, N, V, S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \& Rr$	Z, N, V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \& K$	Z, N, V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z, N, V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z, N, V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z, N, V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \$FF - Rd$	Z, C, N, V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \$00 - Rd$	Z, C, N, V, H	1
SDR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z, N, V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \& (\$FF - K)$	Z, N, V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z, N, V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z, N, V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z, N, V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z, N, V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \$FF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd - Rr) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CPS	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRSC	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBISC	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s)=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBSC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s)=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T-Flag Set	if $(T=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T-Flag Cleared	if $(T=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V=1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	c	Branch if Interrupt Enabled	$F(I=1)$ then $PC \leftarrow PC + c + 1$	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	$F(I=0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X + 1$	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y + 1$	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y+q)$	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z+q)$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X + 1$	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y + 1$	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y+q) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z + 1$	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z+q) \leftarrow Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	2
LPM		Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	3
SPM		Store Program Memory	$(Z) \leftarrow R1:R0$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	$IO(P,b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	$IO(P,b) \leftarrow 0$	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftrightarrow Rd(7..4), Rd(7..4) \leftrightarrow Rd(3..0)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SFC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SSS		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1



Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega16L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega16L-8PC	40P6	
		ATmega16L-8MC	44M1	
		ATmega16L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega16L-8PI	40P6	
		ATmega16L-8MI	44M1	
16	4.5 - 5.5V	ATmega16-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega16-16PC	40P6	
		ATmega16-16MC	44M1	
		ATmega16-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega16-16PI	40P6	
		ATmega16-16MI	44M1	

Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44M1	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

LIQUID CRYSTAL DISPLAY MODULE

M 1 6 3 2

USER MANUAL

Seiko Instruments Inc.

1. GENERAL

1.1 General

The M1632 is a low-power-consumption dot-matrix liquid crystal display (LCD) module with a high-contrast wide-view TN LCD panel and a CMOS LCD drive controller built in. The controller has a built-in character generator ROM/RAM, and display data RAM. All the display functions are controlled by instructions and the module can easily be interfaced with an MPU. This makes the module applicable to a wide range of purposes including terminal display units for microcomputers and display units for measuring gages.

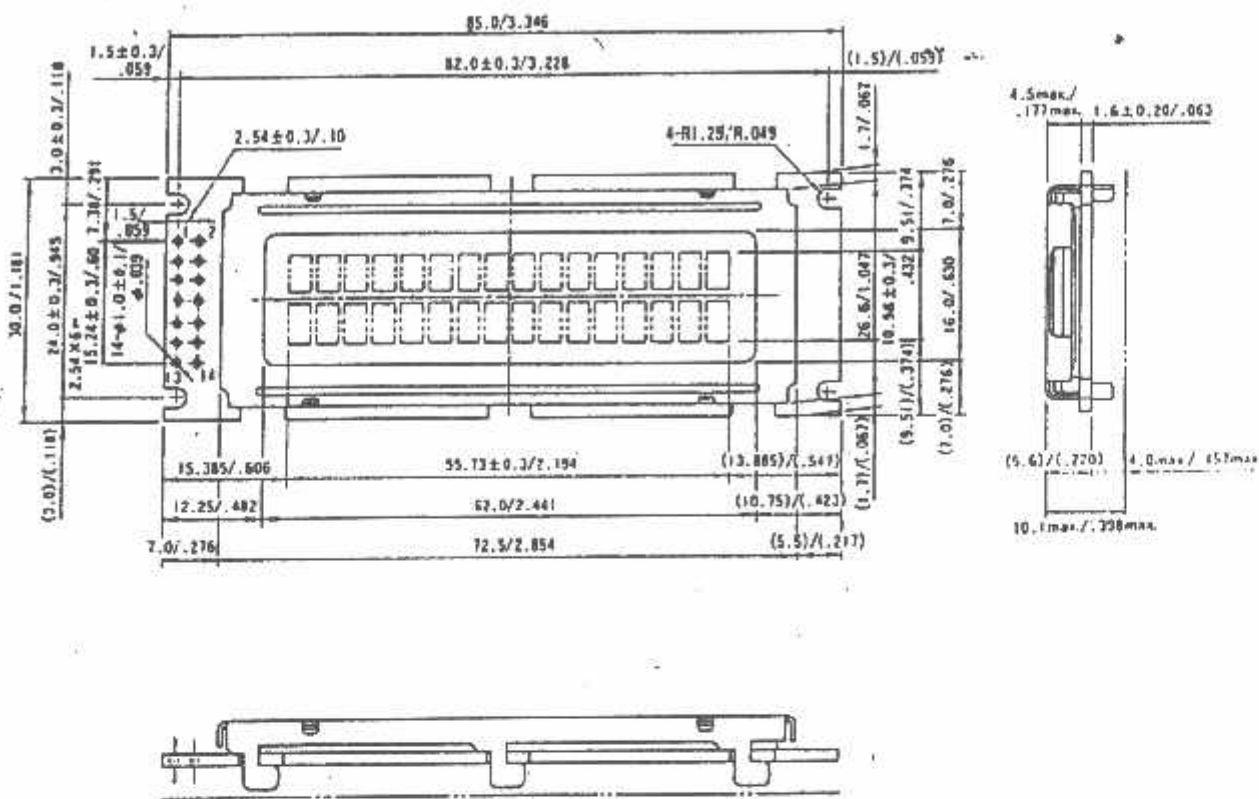
1.2 Features

- 16-character, two-line TN liquid crystal display of 5 x 7 dot matrix + cursor
- Duty ratio: 1/16
- Character generator ROM for 192 character types.
(character font: 5 x 7 dot matrix)
- Character generator RAM for eight character types (program write)
(character font: 5 x 7 dot matrix)
- 80 x 8 bit display data RAM (80 characters maximum)
- Interface with four-bit and eight-bit MPUs possible
- Display data RAM and character generator RAM readable from MPU
- Many instruction functions

Display Clear, Cursor Home, Display ON/OFF, Cursor ON/OFF, Display Character Blink, Cursor Shift, and Display Shift

- Built-in oscillator circuit
- +5 V single power supply
- Built-in automatic reset circuit at power-on
- CMOS process
- Operating temperature range: 0°C to 50°C

1.3 Dimensions Diagram



Unit : mm/inch
General tolerance : ± 0.5 mm

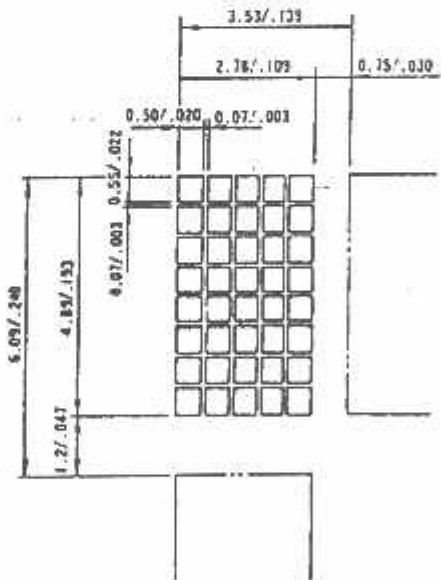
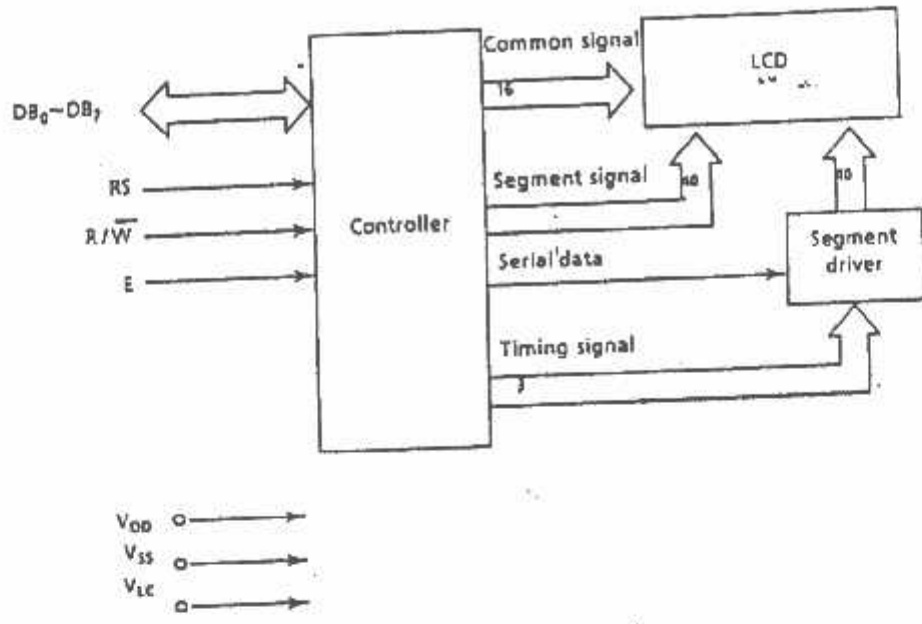


Figure 1 Dimensions diagram

No.	Symbol	Level	Function	
1	Vss	-	Power Supply	0V (GND)
2	Vcc	-		5V ±10%
3	Vcc	-		for LCD Drive
4	RS	H/L	H: Data Input L: Instruction Input	
5	R/W	H/L	H:READ L:WRITE	
6	E	H,	Enable Signal	
7	DB0	H/L	Data Bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+ BL	-	Back Light Supply	4 - 4.2V 50-200mA
16	V- BL	-		0V (GND)

1.4 Block Diagram



1.5 Absolute Maximum Ratings

$V_{SS} = 0V$

Item	Symbol	Standard	Unit	Remarks
Power supply voltage	V_{DD}	- 0.3 to + 7.0	V	
	V_{LC}	$V_{DD} - 13.5$ to $V_{DD} + 0.3$	V	
Input voltage	V_{in}	- 0.3 to $V_{DD} + 0.3$	V	
Operating temperature	T_{opr}	0 to + 50	°C	
Storage temperature	T_{stg}	- 20 to + 60	°C	At 50% RH

1.6 Electrical Characteristics

$V_{DD} = 5V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $50^{\circ}C$

Item		Symbol	Conditions	Standard			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
Input voltage	High	V_{IH1}		2.2	-	V_{DD}	V
	Low	V_{IL1}		0	-	0.6	V
Output voltage (TTL)	High	V_{OH1}	$-I_{OH} = 0.205\text{ mA}$	2.4	-	-	V
	Low	V_{OL1}	$I_{OL} = 1.2\text{ mA}$	-	-	0.4	V
Output voltage (CMOS)	High	V_{OH2}	$-I_{OH} = 0.04\text{ mA}$	$0.9V_{DD}$	-	-	V
	Low	V_{OL2}	$I_{OL} = 0.04\text{ mA}$	-	-	$0.1V_{DD}$	V
Power supply voltage		V_{DD}		4.75	5.00	5.25	V
		V_{LC}	$V_{DD} = 5V$, $T_A = 25^{\circ}C$	-	0.25	-	V
Current consumption		I_{DD}		-	2.0	3.0	mA
		I_{LC}	$V_{LC} = 0.25V$	-	-	1.0	mA
Clock oscillation freq.		f_{osc}	Resistance oscillation	190	270	350	kHz

2. OPERATING INSTRUCTIONS

2.1 Terminal Functions

Table 1 Terminal functions

Signal name	No. of terminals	I/O	Destination	Function
DB ₀ to DB ₃	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional lower four data buses: Data is read from the module to the MPU or written to the module from the MPU through the buses. If the interface data is 4 bits, the signals are not used.
DB ₄ to DB ₇	4	I/O	MPU	Tristate bidirectional upper four data buses: Data is read from the module to the MPU or written to the module from the MPU through the buses. DB ₇ is also used as a busy flag.
E	1	Input	MPU	Operation start signal: The signal activates data write or read.
R/W	1	Input	MPU	Read (R) and Write (W) selection signals 0: Write 1: Read
RS	1	Input	MPU	Register selection signals 0: Instruction register (Write) Busy flag and address counter (Read) 1: Data register (Write and Read)
V _{LC}	1	-	Power supply	Power supply terminal for driving liquid crystal display: The screen contrast can be varied by changing V _{LC} .
V _{DD}	1	-	Power supply	+5V
V _{SS}	1	-	Power supply	Ground terminal: 0V

```
$regfile "m16def.dat"
$crystal = 4000000
Dim Ch4 As Word
Dim A0 As Single
Dim S As Single
Dim E1 As Word
Dim U As Single
Dim U1 As Word
```

```
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 ,
Db7 = Portb.7 , E = Portc.1 , Ss = Portc.0 'konfigurasi Port I
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Cursor Off NoBlink
Start Adc
Cls
Upperline
Lcd " surya wahyu F "
Lowerline
Lcd "NIM : 03.17.037"
Waitms 800
Cls
Upperline
Lcd " Teknik Elektro "
Lowerline
Lcd " ITN - MALANG "
Waitms 800
```

```
Cls
Upperline
Lcd "ADC ="
Lowerline
Lcd "Gauss ="
```

```
Do
Cursor Off NoBlink
Awal:
```

```
S = 0
S1 = 0
E = 0
U1 = 0
```

```
Ch4 = Getadc(4)
A0 = Ch4 \ 512
```

```
Upperline
Locate 1 , 10
Lcd Ch4
```

```
    If Ch4 < 1000 Then
        Locate 1 , 13
        Lcd " "
    End If
    If Ch4 < 100 Then
        Locate 1 , 12
        Lcd " "
    End If
    If Ch4 < 10 Then
        Locate 1 , 11
        Lcd " "
    End If
```

```

If Ch4 = 513 Then
  Lowerline
  Locate 2 , 10
  Lcd " 0 "
  Lowerline
  Locate 2 , 16
  Lcd " "
  Goto Awal
End If

```

```

If Ch4 = 512 Then
  Lowerline
  Locate 2 , 10
  Lcd " 0 "
  Lowerline
  Locate 2 , 16
  Lcd " "
  Goto Awal
End If

```

```

If Ch4 = 511 Then
  Lowerline
  Locate 2 , 10
  Lcd " 0 "
  Lowerline
  Locate 2 , 16
  Lcd " "
  Goto Awal
End If

```

```

If A0 > 1 Then

```

```

  U1 = Ch4 - 512
  U = U1 * 3.733

```

```

  If U < 100 Then
    Lowerline
    Locate 2 , 14
    Lcd " "
  End If

```

```

  If U < 10 Then
    Lowerline
    Locate 2 , 13
    Lcd " "
  End If

```

```

  Lowerline
  Locate 2 , 16
  Lcd "0"
  Lowerline
  Locate 2 , 13
  Lcd Posing(U , "#.##")
End If

```

```

If A0 < 1 Then

```

```

  S1 = 512 - Ch4
  S = S1 * 3.753

```

```

  If S < 100 Then
    Lowerline
    Locate 2 , 14
    Lcd " "
  End If

```

```
End If
If 3 < 10 Then
  Lowerline
  Locate 2 , 13
  Lcd " "
End If
```

```
Lowerline
Locate 2 , 6
Lcd "8"
Lowerline
Locate 2 , 10
Lcd Using$(s , "4.#")
```

```
End If
```

```
Waitms 10
```

```
Loop
End
```

